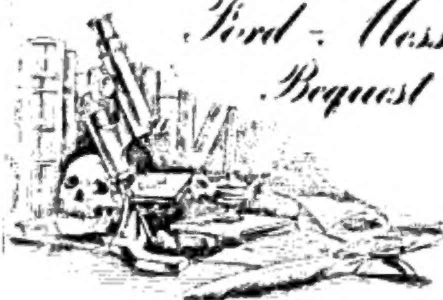
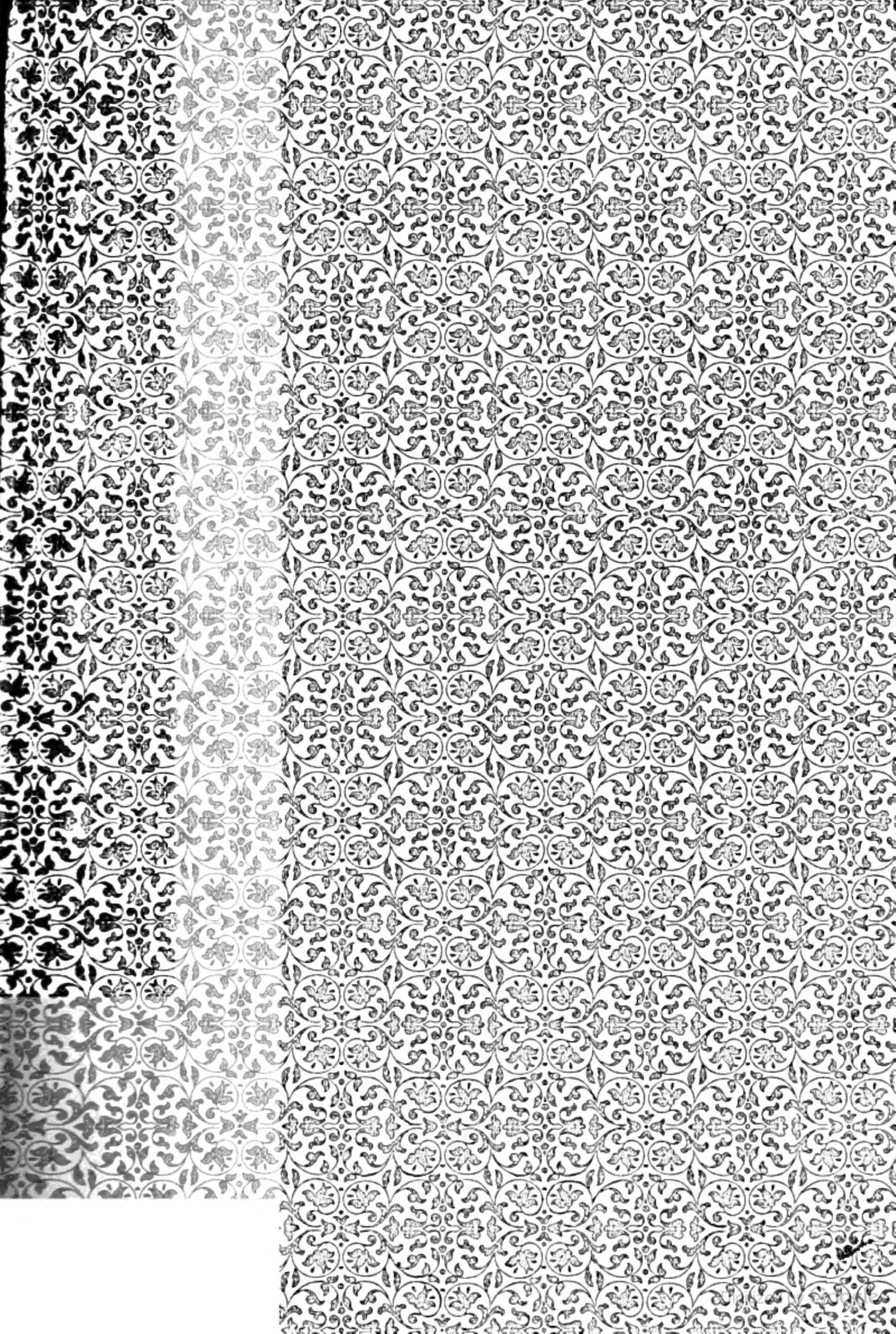


Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften ...
Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse







ABHANDLUNGEN

ZWEIUNDVIERZIGSTER BAND.

ABHANDLUNGEN

DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN

GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.



ZWEIUNDVIERZIGSTER BAND.

MIT 12 TAFELN, 82 ABBILDUNGEN UND 2 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN KÄRTCHEN.

LEIPZIG
BEI B. G. TEUBNER
1898.

ABHANDLUNGEN

DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN CLASSE

DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN

GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.



VIERUNDZWANZIGSTER BAND.

MIT 12 TAFELN, 82 ABBILDUNGEN UND 2 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN KÄRTCHEN.



LEIPZIG
BEI B. G. TEUBNER
1898.

INHALT.

DAS SÜDAMERIKANISCHE PFEILGIFT

CURARE

IN

CHEMISCHER UND PHARMAKOLOGISCHER BEZIEHUNG,

II. THEIL (SCHLUSS).

I. DAS CALEBASSENCURARE. II. DAS TOPFCURARE.
III. ÜBER EINIGE CURARERINDEN.

VON

R. BOEHM,
ORD. MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

Des XXIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe
der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

N° I.

MIT VIER TAFELN UND EINER ABBILDUNG IM TEXT.

LEIPZIG
BEI S. HIRZEL
1897.

Das Manuscript eingeliefert am 2. August 1897.
Der Abdruck vollendet am 30. August 1897.

DAS SÜDAMERIKANISCHE PFEILGIFT CURARE

IN

CHEMISCHER UND PHARMAKOLOGISCHER BEZIEHUNG.

II. THEIL (SCHLUSS).

I. DAS CALEBASSENCURARE. II. DAS TOPFCURARE.
III. ÜBER EINIGE CURARERINDEN.

VON

R. BOEHM,
ORDENTL. MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

MIT VIER TAFELN UND EINER ABBILDUNG IM TEXT.

I. Das Calebassencurare.

Das in Calebassen (Flaschenkürbisse) gefüllte Curare ist diejenige Sorte des südamerikanischen Pfeilgiftes, welche bis vor ungefähr 15 Jahren im europäischen Drogenhandel am häufigsten vorkam. Seit 10 Jahren hat der Export der Waare nach Europa und Nordamerika gänzlich aufgehört, und nachdem die kleinen Vorräthe, welche sich noch im Besitze der grösseren Drogenhäuser befanden, aufgebraucht sind, ist zur Zeit nirgends mehr etwas davon aufzutreiben. Ich habe trotz vielen Umfragens nicht ermitteln können, aus welchem Grunde die Calebassen vom Markte so gänzlich verschwunden sind.

Es lässt sich aus den Berichten von Reisenden, welche authentische Nachrichten über die Bereitung des Pfeilgiftes enthalten, nicht feststellen, ob die Verwendung von Calebassen als Emballage auf bestimmte Districte beschränkt ist. A. v. Humboldt[1], welcher der Bereitung des Curare in Esmeralda am oberen Orinoco beiwohnte, bemerkt ausdrücklich, dass es in den Früchten der Crescentia (Flaschenkürbis) verkauft werde.

R. Schomburgk[2] sagt als Augenzeuge der Giftfabrikation am Essequibo in Britisch-Guiana wörtlich: »....nachher wurde das Gift in jene kleinen Kalebasche oder kleinen halbkugeligen, irdenen, zu diesem Zwecke eigens verfertigten Geschirre geschüttet, wo es sich dann gänzlich verhärtet«. Im königlichen Museum für Völkerkunde in Berlin, welches ich auf alles auf Curare Bezügliche genau

---

1) Reise in den Aequinoctialgegenden des neuen Continents. Ed. Herm. Hauff. Stuttgart, Cotta. 1874. Bd. IV. p. 53.

2) Reise in Britisch-Guiana in den Jahren 1840—1844. Leipzig 1847. Bd. I. p. 440.

durchsuchte, findet sich unter den Gegenständen, die Schomburgk von seiner Reise mitbrachte, nur eine mit Curare gefüllte Calebasse und kein irdenes Töpfchen. Appun[1]) endlich, der die Curarebereitung am gleichen Orte wie Schomburgk beobachtete, spricht nur von Calebassen.

Venezuela, resp. der obere Theil des Flussgebietes des Orinoco und seiner Nebenflüsse lieferte früher hauptsächlich den Artikel in Kürbissen, doch liegt mir auch eine Handelsnotiz vor, wonach die Kurbiswaare zuweilen auch von den Quellen des Rio Negro, Provinz Amazonas an der Grenze von New-Granada gekommen ist.

Durch R. Schomburgk wissen wir bestimmt, dass in Britisch-Guiana Strychnos toxifera Benth. das Hauptmaterial für die Pfeilgiftbereitung abgiebt. Nach G. Planchon[2]), dem wir so werthvolle Untersuchungen über die südamerikanischen Strychneen verdanken, ist Strychnos toxifera Benth. die Stammpflanze der Pfeilgiftsorten, welche zwischen Orinoco und Essequibo, südlich bis in das Gebiet des Rio Negro von den Eingeborenen fabricirt werden. Das Calebassencurare ist nun zweifellos als das hauptsächlich aus Strychnos toxifera Benth. bereitete Gift anzusehen. Es wird mir möglich sein, diese Annahme noch durch verschiedene im Verlaufe dieser Darstellung mitzutheilende Beobachtungen zu stützen.

Das Material für meine Untersuchungen bestand aus 17 Calebassen, welche ich in dem Zeitraum von 1884—1890 aus drei verschiedenen Bezugsquellen erhielt. Sie waren sämmtlich noch uneröffnet und sind von mir selbst entleert worden.

Beim Beginne der Arbeit konnte ich natürlich nicht wissen, ob der Inhalt der einzelnen Gefässe identisch war. Die Calebassen konnten möglicher Weise von ganz verschiedenen Indianerstämmen herrühren, und es war kein Anhaltspunkt vorhanden, ob das Gift aus einer oder aus mehreren verschiedenen Strychnosrinden bereitet worden war. Es war daher nicht angängig, den Inhalt mehrerer

1) Unter den Tropen. Wanderungen durch Venezuela, am Orinoco, durch Britisch-Guiana und am Amazonenstrom in den Jahren 1849—1868. Jena, Costenoble 1871. II. Bd.

2) Comptes rendus. 19. Jan. 1880. p. 133. Journal de Pharmacie et de Chimie V. Serie. Tome I et II. Paris 1880. Vgl. auch Le Janne, Des Curares, Thèse. Paris 1881.

Calebassen zu vereinigen und in grösseren Portionen der chemischen Analyse zu unterwerfen. Denn so wäre möglicher Weise ein Gemenge von Alkaloiden isolirt worden, das bei den wenig charakteristischen Eigenschaften dieser Körper nachträglich wohl kaum noch in einheitliche Bestandtheile zu zerlegen gewesen wäre.

Ich habe deshalb grösstentheils den Inhalt der einzelnen Calebassen gesondert verarbeitet und bin dabei zu dem Resultate gelangt, dass irgend welche wesentliche Differenzen nicht vorhanden waren, dass vielmehr alle in meinen Besitz gelangten Calebassen die gleichen Bestandtheile enthielten. Es bietet nach den jetzt erreichten Erfahrungen keine Schwierigkeit mehr, Calebassen-, Tubo- und Topfcurare auch in kleineren Mengen sicher von einander zu unterscheiden.

Die Calebassen sind zur Hälfte bis Dreiviertel mit dem trocknen Pfeilgift angefüllt. Zur Entleerung desselben müssen die Kürbisschalen zerschlagen und von den Bruchstücken die sehr fest anhaftende Masse mit dem Messer abgelöst werden. Das Bruttogewicht der Calebassen schwankte zwischen 100—186 g, wovon 30—45 g auf die Emballage entfallen.

Das Calebassencurare ist sehr hart und von dunkelbrauner Farbe, in der Mitte der Calebassen bisweilen blasig, im Ganzen aber ziemlich homogen und schwierig zu pulverisiren. Das dunkel-zimmtbraune Pulver ist von schwachem aber eigenthümlichem Geruch und höchst intensiv bitterem Geschmack. Fremde Beimengungen fanden sich nur einmal, wo der ganze Inhalt der Calebasse von den Bruchstücken von Blättern durchsetzt war, die wahrscheinlich bei der Herstellung des Pfeilgiftes als Filter gedient hatten. Krystalleinschlüsse kamen niemals vor; die mikroskopische Untersuchung ergab ausser Steinzellen von verschiedener Grösse keine bemerkenswerthen Befunde.

Im Trockenschrank giebt das Pulver bei 100° C. noch wechselnde Mengen von 5—12% Feuchtigkeit ab und erweist sich bald mehr, bald weniger hygroskopisch.

Ziemlich weitgehende Verschiedenheiten zeigt das Calebassencurare hinsichtlich seiner Löslichkeit in Wasser. Es ist in dieser Beziehung der Inhalt von fünf Calebassen genauer untersucht worden. Abgewogene Proben des trocknen Pulvers wurden zu diesem Zweck mit 10 Th. Wasser zwei Tage lang bei gewöhnlicher Temperatur

macerirt und hierauf der Trockenrückstand eines Theils der filtrirten Lösung bestimmt.

1.	Calebasse	in	Wasser	löslich	75 %
2.	»	»	»	»	50 %
3.	»	»	»	»	34 %
4.	»	»	»	»	53 %
5.	»	»	»	»	56 %.

Auch beim Filtriren der wässrigen Auszüge begegnet man grossen Verschiedenheiten. In der Regel geht es ziemlich anstandslos von statten, zuweilen aber sind die wässrigen Auszüge geradezu unfiltrirbar, und man gelangt dann nur unter Anwendung von Alkohol zum Ziele. Man wird nicht fehlgehen, wenn man diese Dinge auf die mancherlei vegetabilischen Zuthaten zurückführt, welche da und dort bei der Giftfabrikation verwendet werden.

Die Löslichkeit in Wasser ist übrigens für die Ausbeute an Curarin massgebend. Ich habe schon in meiner ersten Abhandlung über Curare darauf hingewiesen, dass die Curarine in hohem Grade die Eigenschaft der Adsorption besitzen, und dass von beliebigen in ihrer Lösung erzeugten amorphen Niederschlägen, wie z. B. von Baryumsulfat, beträchtliche Mengen der Alkaloide mitgerissen und so festgehalten werden, dass sie auch durch oftmaliges Auswaschen mit Wasser nicht mehr zu gewinnen sind. So adsorbiren auch die in Wasser unlöslichen Antheile erhebliche Mengen wirksamer Substanz, die sich weder durch Anwendung von Wärme noch durch Extraction mittels Spiritus befriedigend abscheiden lassen.

Die Lösungen des Calebassencurare haben mit denen der anderen Sorten die Eigenschaft gemein, dass sie nach der Filtration nur kurze Zeit klar bleiben und bald braune amorphe Massen abzuscheiden anfangen, was auch nach wiederholter Filtration immer von Neuem wieder stattfindet.

Die Wirkungsintensität des Calebassencurare variirt in den Grenzen von 1,5—3,0 mg Dosis lethalis pro 1 kg Körpergewicht des Kaninchens, wobei indessen nur der in Wasser lösliche Antheil des Curare in Rechnung gezogen ist.

Aschenanalyse. Um einen Durchschnittswerth für den Aschengehalt des Calebassencurare zu gewinnen, wurden gleiche Gewichts-

mengen Curare aus fünf verschiedenen Calebassen vereinigt, fein gepulvert, bei 100° C. getrocknet und nach dem im I. Theil (pag. 209 [11]) angegebenen Verfahren in einer Platinschale verascht. Es verblieben 6,1 % Mineralbestandtheile, nur halb so viel als das Tubocurare (12,3 %) lieferte. Während das letztere einen rein weissen, stark alkalisch reagirenden und an Carbonaten reichen Aschenrückstand gab, war der des Calebassencurare auch nach stärkerem Glühen braun gefärbt, reagirte kaum deutlich alkalisch und enthielt keine Spur von Kohlensäure. Die qualitative Prüfung zeigte einen hohen Gehalt an Schwefelsäure und Mangan an.

Für die Beurtheilung des nachstehend mitgetheilten Resultates der quantitativen Untersuchung ist darauf hinzuweisen, dass jedenfalls bei der Veraschung dieses Curare ein erheblicher Verlust von Chloriden stattgefunden hat, da nach anderweitigen Beobachtungen das Curarin zum Theil an Chlor gebunden im Curare enthalten ist und der Gesammtchlorgehalt der Droge den in der Asche gefundenen beträchtlich übersteigen dürfte.

Bei der Analyse wurde der in Wasser lösliche Theil der Asche gesondert untersucht; er enthielt nur Kaliumsulfat und Chlornatrium. Der in Wasser unlösliche Theil, ein braunes Pulver, entwickelte beim Aufschliessen mit Salzsäure reichlich Chlorgas, was auf die Anwesenheit von Manganoxyden hinwies. Beim Vergleich der nachstehenden mit den auf pag. 209 [11] des I. Theils mitgetheilten Zahlen erscheint zunächst der geringe Phosphorsäuregehalt des Calebassencurare bemerkenswerth (0,62 % gegen 5,61 % im Tubocurare). Calebassencurare ist ferner reicher an Magnesium und dafür ärmer an Calcium als Tubocurare. Besonders auffallend ist der hohe Schwefelsäuregehalt des ersteren. In dieser Beziehung stimmt es mit dem Topfcurare überein, aus dessen wässriger Lösung sich leicht reichliche Mengen von Kaliumsulfat abscheiden lassen.

Aschenanalyse des Calebassencurare.

In Wasser löslich:	K_2SO_4	50,826
	NaCl	1,367
In Wasser unlöslich:	SO_3	1,472
	P_2O_5	0,620
	CaO	10,030
	MgO	18,277
	Mn_3O_4	11,295
	$(Fe_2O_3)_2PO_4$	2,783
	Sand und Kohle . . .	3,330
		100,000

Allgemeines Verhalten der wässrigen Lösung des Calebassencurare. Die filtrirte wässrige Lösung reagirt ausnahmslos schwach sauer. Unterschichtet man sie in schwacher Concentration vorsichtig mit concentrirter Schwefelsäure, so tritt an der Berührungsfläche beider Flüssigkeiten eine schön purpurrothe Färbung auf. Concentrirte Salpetersäure färbt die Lösung langsam ebenfalls purpurroth; mit einem Metaphosphorsäurestückchen umgerührt trübt sie sich nur schwach. Ammoniak und Aetzalkalilaugen bewirken keine Fällung. Silbernitrat trübt die mit Salpetersäure versetzte Lösung, in welcher aber erst nach dem Kochen ein flockiger Niederschlag von Chlorsilber auftritt.

Jod- und Bromkaliumlösungen erzeugen sofort voluminöse Fällungen, ebenso die gebräuchlichen Alkaloidreagentien. Der durch Platinchlorid bewirkte Niederschlag wird in der Regel auch nach längerem Stehen entweder gar nicht oder nur unbedeutend reducirt, während auf Zusatz von Goldchlorid fast momentan starke Reduction stattfindet. Das Verhalten gegen Platinchlorid ist deshalb von einiger Wichtigkeit, weil es zur Unterscheidung von Calebassen- und Topfcurare dienen kann. Der in der Lösung des letzteren erzeugte Platinniederschlag wird stets nach kurzer Zeit reducirt.

1. Das Curarin.

Für den wirksamen Hauptbestandtheil des Calebassencurare möchte ich den alten Namen »Curarin« beibehalten. Bei der Isolirung desselben hat sich die in der Hauptsache schon in meiner

ersten Mittheilung vom Jahre 1886 beschriebene Darstellungsmethode am besten bewährt. Die Fällung des Alkaloids aus weingeistiger Lösung durch Quecksilberchlorid, welche bei der Gewinnung des Tubocurarins vortreffliche Dienste leistet (vgl. Theil I), gab beim Calebassencurare ganz schlechte Resultate.

Das fein gepulverte Curare wird mit der 25 fachen Menge Wasser in einen Kolben gebracht und unter häufigem Durchschütteln acht Tage lang bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen. Nach dem Abfiltriren des ersten Auszugs behandelt man den ungelösten Rückstand noch zweimal, das dritte Mal unter Zusatz von etwas verdünnter Schwefelsäure mit der gleichen Wassermenge. Nach dreimaliger Extraction liefert das Pulver keine nennenswerthen Mengen von Alkaloid mehr. In Fällen, wo das Filtriren der rein wässrigen Auszüge Schwierigkeiten bereitet, wird vor dem Aufgiessen aufs Filter so viel Alkohol beigemischt, bis die Filtration befriedigend von statten geht. Wo man die Wahl hat, ist es aber immer vortheilhafter, mit rein wässrigen Lösungen zu arbeiten.

Die Filtrate werden ohne alle weitere vorherige Reinigung sofort so lange mit wässrigem Platinchlorid versetzt, bis das Fällungsmittel eine abfiltrirte Probe nicht mehr trübt. Der sehr voluminöse, lehmfarbene Niederschlag wird auf Hartfiltern gesammelt, vor der Wasserstrahlpumpe gut abgesaugt und mit Alkohol wiederholt ausgewaschen. Die platinhaltigen Filtrate zeigen nach einiger Zeit Reduction, während der Platinniederschlag seine Farbe nicht verändert. Man nimmt ihn noch feucht vom Filter, vertheilt ihn sorgfältig in absolutem Alkohol und zersetzt ihn, indem man durch die auf dem Dampfbad erhitzte Suspension einen lebhaften Strom von Schwefelwasserstoff leitet und von Zeit zu Zeit durch Zusatz einiger Tropfen weingeistigen Ammoniaks die frei werdende Salzsäure neutralisirt. Die Zersetzung des Niederschlags, die in der Kälte durchaus nicht gelingt, pflegt so nach einer halben Stunde beendet zu sein. Es wird nun das Schwefelplatin abfiltrirt, ein paarmal mit absolutem Alkohol nachgewaschen und aus den vereinigten dunkelrothbraun gefärbten Filtraten das Curarin durch 5 volumina Aether ausgefällt. Das in sehr voluminösen fleischfarbenen Flocken ausfallende Alkaloid filtrirt man möglichst rasch ab, wäscht es gut mit Aether und bringt es zusammen mit dem Filter sofort unter die Glocke eines geräumigen

---

Corrigendum.

Pag. 8, Zeile 9 v. o.:

$Fe_2(PO_4)_2$ statt $(Fe_2O_3)_2PO_4$.

Schwefelsäureexsiccators, wo es dann, ohne durch Wasseranziehung feucht zu werden, nach einiger Zeit zu einem lockeren, wenig gefärbten Pulver eintrocknet. Das so gewonnene Präparat ist noch mit Schwefel und anorganischen Salzen verunreinigt; man befreit es davon durch Auflösung in einem Gemische von 4 Th. Chloroform und 1 Th. absolutem Alkohol, filtrirt die Lösung und lässt sie an der Luft verdunsten. Der verbleibende granatrothe, durchsichtige Lack wird dann noch einmal in wenig absolutem Alkohol gelöst, die filtrirte Lösung abermals mit 5 vol. Aether gefällt und der trockne Niederschlag nochmals aus der Chloroformalkohollösung zur Trockne gebracht.

Die angegebenen Proceduren müssen so oft wiederholt werden, bis das Curarin die Wirkungsprobe besteht, d. h. bis 0,34 mg pro 1 kg Kaninchen die tödtliche Wirkung haben. Häufig ist dies indessen schon nach dem erstmaligen Eintrocknen aus Chloroformalkohollösung der Fall.

Es hat sich als nicht zweckmässig herausgestellt, bei der Darstellung des Curarins grössere Mengen als den Inhalt einer Calebasse auf einmal in Arbeit zu nehmen. Die Platinfällung zumal darf nicht mit allzu concentrirten Lösungen vorgenommen werden. Auch bei der Zersetzung des Platinniederschlags arbeitet es sich sehr schlecht und auf Kosten der Ausbeute mit grossen Quantitäten.

Da die Ausführung genauer Wirkungsproben mit dem Rohmaterial es gestattet, ziemlich genau anzugeben, wieviel Curarin in einer Quantität Curare enthalten ist, so kann auch die Ausbeute, welche nach der beschriebenen Methode an reinem Curarin erhalten wird, ziemlich genau auf Procente des vorhandenen Alkaloids berechnet werden.

In nachstehender Tabelle sind die Resultate eines Versuchs zusammengestellt, der sich auf den Inhalt von fünf Calebassen bezieht und besonders auch zu dem Zwecke unternommen worden war, sicheren Aufschluss darüber zu erhalten, ob die Calebassen ein und dasselbe Curarin enthielten.

Calebasse	Brutto-gewicht	Inhalt	Curaringehalt berechnet nach der Wirkung	Curarin erhalten	Ausbeute in % der Theorie
I	175 g	124 g	10,5 g	5,26	50
II	122 »	97 »	5,6 »	4,40	78
III	128 »	100 »	3,8 »	2,90	76
IV	136 »	108 »	9,6 »	4,30	44
V	112 »	93 »	8,8 »	4,30	49

Das erhaltene Curarin war in allen Fällen das gleiche. Es bildet nach dem Verdunsten der Chloroformalkohollösung glänzende, sehr harte, granatrothe Lamellen. Wenn genügend gereinigt, löst es sich leicht und völlig klar in Wasser, Aethyl- und Methylalkohol, auch in alkoholhaltigem Chloroform, während es in Aether, Petroläther, Benzol, Aceton und reinem Chloroform unlöslich ist. Aus keinem Lösungsmittel ist es krystallinisch zu erhalten. Es ist geruchlos und schmeckt intensiv bitter. Im Capillarröhrchen erhitzt lässt es einen scharfen Schmelzpunkt nicht erkennen, zersetzt sich aber über 150° unter starker Verfärbung. Zerbricht man dann das Capillarröhrchen, so nimmt man deutlich Trimethylamingeruch wahr. Auf dem Platinblech erhitzt, bläht es sich stark auf, stösst nach Chinolin riechende Dämpfe aus und hinterlässt eine sehr lockere, aber sehr schwer völlig verbrennende Kohle.

Die wässrige Lösung reagirt neutral. Da die Isolirung des Alkaloids aus der Platindoppelverbindung bei Anwesenheit von freiem Ammoniak erfolgt war, so war ich lange Zeit der Meinung, in dem Präparate die freie Base vor mir zu haben, um so mehr, als die wässrige Lösung auf Zusatz von Salpetersäure und Silbernitrat keine oder nur eine sehr geringe Trübung zeigte. Im weiteren Fortgang der Untersuchung stellte es sich aber bald heraus, dass nicht die freie Base, sondern ihr Chlorid vorlag. Erhitzt man nämlich die mit Salpetersäure und Silbernitrat versetzte wässrige Lösung zum Kochen, so scheidet sich ein voluminöser Niederschlag von Chlorsilber ab. Das Chlor ist also in dem Chlorid sehr fest gebunden

und wird demselben auch bei der Behandlung mit feuchtem Silberoxyd nur sehr langsam vollständig entzogen, wobei zugleich unvermeidlich eine Zersetzung des Alkaloids durch Oxydation stattfindet, Erfahrungen, wie sie in ganz analoger Weise auch beim Tubocurarin sich ergeben hatten.

Trotz dieser festen Bindung des Chlors im Curarinchlorid ist der Chlorgehalt dieser Verbindung kein constanter und dieselbe schon aus diesem Grunde nicht zur Analyse verwendbar. Das Curarinchlorid giebt folgende charakteristische Reactionen:

1. Befeuchtet man auf einem Porzellandeckel eine Spur der trocknen Substanz mit absolutem Alkohol und lässt die Lösung in dünner Schichte langsam wieder eintrocknen, so erzeugt ein Tropfen concentrirter Schwefelsäure sofort eine prachtvoll blauviolette Berührungszone, englische Schwefelsäure purpurrothe und blauviolette Schlieren, Vanadinschwefelsäure eine dunkelveilchenblaue Färbung.

2. Unterschichtet man eine verdünnte wässrige Lösung vorsichtig mit concentrirter Schwefelsäure, so entsteht an der Grenzfläche beider Flüssigkeiten alsbald eine purpurviolette Färbung. Ich ziehe diese sehr empfindliche Reaction der Porzellandeckelreaction vor.

3. Versetzt man die auf einer Porzellanfläche in dünner Schichte eingetrocknete alkoholische Lösung mit concentrirter Salpetersäure, so färbt sich letztere vorübergehend schön blutroth, allmählich in braunroth übergehend. Im Reagensglase färbt sich die mit viel Salpetersäure versetzte verdünnte wässrige Lösung zunächst hellroth (wie Brucin), Erwärmen verwandelt die Farbe in Dunkelpurpurroth.

4. In der wässrigen Lösung entsteht erst nach längerem Umrühren mit einem Stückchen fester Metaphosphorsäure ein schwacher, flockiger Niederschlag.

5. Platinchlorid erzeugt in derselben einen hellgelblichen voluminösen Niederschlag, der auch nach langem Stehen an der Luft keine Neigung zur Reduction zeigt, während ein Tropfen Goldchlorid beim Einfallen in die Lösung sofort reducirt wird.

6. Jodwasserstoffsäure sowie auch Jodkalium und Bromkalium bewirken sehr voluminöse, gelbe Niederschläge.

7. Die wässrige Lösung des Curarinchlorids ist optisch inactiv.

8. Beim Erwärmen mit verdünnten Mineralsäuren zersetzt sich das Curarin unter rascher Abnahme seiner Wirksamkeit. Auch nach langsamem Eintrocknen wässriger Lösungen im Vacuum, noch mehr nach dem Eindampfen derselben auf dem Wasserbade lässt sich eine mehr oder weniger weitgehende Zersetzung an der Abnahme der Giftigkeit erkennen.

Curarinplatinchlorid.

Zu den Elementaranalysen diente in erster Linie das Platindoppelsalz. Da sich dasselbe nicht umkrystallisiren lässt, so wurde, um ein zuverlässig reines Präparat zu erhalten, die Lösung des Chlorids in drei Fractionen mit Platinchlorid gefällt, die ersten beiden Fractionen beseitigt und nur die dritte, bei welcher ein Ueberschuss des Fällungsmittels zur Anwendung kam, zu den Analysen benutzt. Der wiederholt mit absolutem Alkohol und zuletzt mit Aether gewaschene Niederschlag bildet nach dem Trocknen über Schwefelsäure ein wenig gefärbtes, völlig amorphes, beim Reiben stark elektrisches Pulver, das sich nach längerer directer Belichtung an der Oberfläche etwas dunkler färbt und daher besser vor Licht geschützt aufbewahrt wird. Es ist in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich und giebt beim Digeriren mit Kaliumchlorid nur ganz kleine Mengen von Curarinchlorid ab. Bei 100° C. findet allmählich Zersetzung statt. Im Capillarröhrchen zersetzt es sich, ohne zu schmelzen; über Schwefelsäure nimmt es nur ausserordentlich langsam constantes Gewicht an.

Die wenig charakteristischen Eigenschaften der Substanz machten es nothwendig, eine grössere Anzahl von Analysen auszuführen und ausserdem durch die Untersuchung mehrerer aus verschiedenen Calebassen dargestellter Präparate den Beweis für die Einheitlichkeit des Alkaloids zu erbringen.

I. Platinbestimmungen.

1.	0,2538 g	gaben	0,0488 g	=	19,23 %	Pt
2.	0,2681 g	»	0,0514 g	=	19,17 »	»
3.	0,2420 g	»	0,0473 g	=	19,54 »	»
4.	0,2474 g	»	0,0479 g	=	19,44 »	»
5.	0,1890 g	»	0,0369 g	=	19,52 »	»

6.	0,2440 g	gaben	0,0463 g	= 18,97 %	Pt
7.	0,2234 g	»	0,0449 g	= 20,09 »	»
8.	0,2070 g	»	0,0415 g	= 20,04 »	»
9.	0,2008 g	»	0,0403 g	= 20,07 »	»
10.	0,3203 g	»	0,0613 g	= 19,13 »	»
11.	0,1286 g	»	0,0244 g	= 18,97 »	»

Im Mittel aus 11 Bestimmungen 19,47 % Pt.

II. Chlorbestimmungen.

1.	0,2420 g	gaben	0,1995 AgCl	= 0,0493	= 20,39 %	Cl
2.	0,1957 g	»	0,1648 »	= 0,0408	= 20,83 »	»
3.	0,2467 g	»	0,2116 »	= 0,0523	= 21,17 »	»
4.	0,1980 g	»	0,1660 »	= 0,0411	= 20,73 »	»

Im Mittel aus 4 Bestimmungen 20,78 % Cl.

III. Elementaranalysen.

1.	0,2923 g	gaben	0,4885 CO_2	= 0,1332	= 45,57 %	C
		»	0,1355 H_2O	= 0,0151	= 5,15 %	H
2.	0,2796 g	»	0,4620 CO_2	= 0,1260	= 45,06 %	C
		»	0,1317 H_2O	= 0,0146	= 5,23 %	H
3.	0,3035 g	»	0,5005 CO_2	= 0,1365	= 44,99 %	C
		»	0,1381 H_2O	= 0,0153	= 5,05 %	H
4.	0,2540 g	»	0,4191 CO_2	= 0,1143	= 45,00 %	C
		»	0,1230 H_2O	= 0,0136	= 5,37 %	H
5.	0,2230 g	»	0,3673 CO_2	= 0,1002	= 44,96 %	C
		»	0,1173 H_2O	= 0,0130	= 5,84 %	H
6.	0,2790 g	»	0,4601 CO_2	= 0,1255	= 44,97 %	C
		»	0,1287 H_2O	= 0,0143	= 5,25 %	H
7.	0,2772 g	»	0,4576 CO_2	= 0,1248	= 45,02 %	C
		»	0,1268 H_2O	= 0,0141	= 5,05 %	H
8.	0,1890 g	»	0,3179 CO_2	= 0,0867	= 45,85 %	C
		»	0,0847 H_2O	= 0,0091	= 4,98 %	H
9.	0,1982 g	»	0,3303 CO_2	= 0,0901	= 45,45 %	C
		»	0,0997 H_2O	= 0,0111	= 5,59 %	H

Im Mittel aus 9 Analysen: 45,21 % C; 5,28 % H.

IV. Stickstoffbestimmungen.

1.	0,3593 g	gaben	0,0192 g	= 5,34 %	N
2.	0,2923 g	»	0,0145 g	= 4,97 %	»
3.	0,3052 g	»	0,0186 g	= 5,54 %	»
4.	0,2313 g	»	0,0118 g	= 5,10 %	»

Im Mittel aus 4 Bestimmungen 5,23 % N.

Die vorstehenden Resultate ergeben für das Curarinplatinchlorid die Formel $[C_{19}H_{25}N_2O.Cl]_2.PtCl_4$ und für das Curarin



$C_{19}H_{26}N_2O$.

Berechnet für $[C_{19}H_{25}N_2O.Cl]_2PtCl_4$:		Gefunden im Mittel:
C	45,54	45,21
H	4,99	5,28
N	5,59	5,23
Pt	19,40	19,47
Cl	21,37	20,78

Wenn auch die bei der Analyse des Platindoppelsalzes erhaltenen Zahlen in guter Uebereinstimmung die für das Curarin aufgestellte Formel stützen, so war es doch sehr wünschenswerth, zur Controle noch eine andere Curarinverbindung rein darzustellen und zu analysiren.

Dass sich das Curarinchlorid zu diesem Zwecke nicht eignet, ist schon erwähnt worden. Mehrere Analysen, die ich davon ausführte, lieferten inconstante und fast durchweg zu niedrige Chlorwerthe. Ich vermuthe, dass der bei der Isolirung des Chlorids aus dem Platindoppelsalz unvermeidliche Zusatz von Ammoniak hiervon die Ursache ist.

Auch das freie Curarin liess sich bis jetzt nicht unzersetzt isoliren, da bei der Einwirkung von Silberoxyd auf das Chlorid Oxydation stattfindet.

Verhältnissmässig leicht gelingt es dagegen, das Curarinjodid in reiner Form zu gewinnen.

Curarinjodid.

Man erhält das Salz durch Fällung der 10proc. wässrigen Lösung des Chlorids mit 20proc. Jodkaliumlösung im Ueberschuss. Der

voluminöse, amorphe, hellgelbe Niederschlag wird auf einem Hartfilter abgesaugt, mit sehr wenig Wasser mehrmals ausgewaschen, zwischen Papier gut abgepresst und über Schwefelsäure getrocknet. Die methylalkoholische Lösung des trocknen Pulvers wird mit drei volumina absoluten Aethers gefällt, wobei der etwa vorhandene Ueberschuss von Jodkalium in der alkoholisch-ätherischen Lösung verbleibt. Das durch Aether ausgefällte Jodid trocknet man nach dem Filtriren über Schwefelsäure. Es gleicht äusserlich sehr dem Chlorid. Wie dieses zersetzt es sich beim Erhitzen im Capillarröhrchen über 150° C. ohne zu schmelzen; in kaltem Wasser ist es wenig löslich, ziemlich leicht in Methylalkohol, weniger in Aethylalkohol. Beim langsamen Verdunsten der methylalkoholischen Lösung scheiden sich bei einer gewissen Concentration Sphärokrystallen ähnliche regelmässige gelbe Kugeln ab, die aber beim weiteren Eindunsten der Lösung wieder verschwinden. Es ist dies der einzige Fall, wo eine Verbindung des Curarins wenigstens eine gewisse Neigung zur Krystallbildung erkennen lässt.

I. Jodbestimmungen.

1. 0,1838 g gaben 0,1027 AgJ = 0,0555 = 30,18 % J
2. 0,1638 g » 0,0909 » = 0,0491 = 29,99 % »

II. Elementaranalysen.

1. 0,2413 g gaben 0,4729 CO_2 = 0,1289 = 53,44 % C
» 0,1281 H_2O = 0,0142 = 5,89 % H
2. 0,1642 g » 0,3207 CO_2 = 0,0875 = 53,26 % C
» 0,0859 H_2O = 0,0095 = 5,81 % H

III. Stickstoffbestimmungen.

1. 0,3633 g gaben 0,0219 g = 6,01 % N
2. 0,3007 g » 0,0190 g = 6,32 % »

Berechnet für $C_{19}H_{25}N_2O.J$:		Gefunden im Mittel:
C	53,78	53,35
H	5,89	5,85
N	6,60	6,17
J	29,98	30,08

2. In welcher Verbindung ist Curarin im Calebassencurare enthalten?

Bei der Fällung der wässrigen Auszüge des Calebassencurare mit Platinchlorid wird das Alkaloid als Platindoppelsalz gefällt und aus diesem als Chlorid isolirt. Dieses Verfahren kann keinen Aufschluss darüber geben, in welcher Verbindung die Base ursprünglich im Curare enthalten ist. Um diesen Punkt zu entscheiden, zugleich aber auch, um zu erfahren, inwieweit aus den Curareauszügen ohne Anwendung von Alkaloidfällungsmitteln das Curarin isolirt werden kann, wurden die folgenden Versuche angestellt.

Ein wässriger Curareauszug wurde auf den fünften Theil seines Volumens eingeengt und der noch dünnflüssige Verdampfungsrückstand mit 4 volumina absoluten Alkohols versetzt. Es war anzunehmen, dass dabei die Alkaloidsalze in Lösung verbleiben, anderweitige Stoffe, besonders Mineralsalze, aber gefällt werden würden. Das alkoholische Filtrat wurde abermals eingedampft, dann wiederum mit Alkohol gefällt und dieses Verfahren im Ganzen viermal wiederholt. Das alkoholische Filtrat der vierten Fällung bestand aus einer intensiv fluorescirenden gelben Flüssigkeit, welche, wie die Wägung des Trockenrückstandes einer abgemessenen Probe ergab, 2,28 g feste Theile enthielt. Der Verdampfungsrückstand obiger Probe war nur theilweise in Wasser löslich; seine wässrige filtrirte Lösung von intensiv saurer Reaction (3 ccm [= 0,039 g fester Theile] wurden durch 0,5 ccm $\frac{1}{10}$ Normalnatronlauge neutralisirt). Die Lösung gab nach dem Ansäuern mit Salpetersäure auf Zusatz von Silbernitrat eine leichte Trübung, die sich beim Kochen in einen flockigen Niederschlag von Chlorsilber verwandelte. Eine Wirkungsprobe ergab, dass 1 mg der in Lösung befindlichen Stoffe bei einem Kaninchen von 1,6 kg Körpergewicht eine zwar deutliche, aber rasch vorübergehende lähmende Wirkung besassen. Das vorhandene Stoffgemenge war also noch sehr weit von der Wirksamkeit des reinen Curarins entfernt.

Nunmehr wurde die Hauptmenge obiger alkoholischer Lösung mit 4 volumina Aether gefällt, der voluminöse Niederschlag abfiltrirt und getrocknet und das alkoholisch-ätherische Filtrat, das kein Curarin mehr enthalten konnte, durch Destillation von Alkohol und Aether befreit. Der Rückstand reagirte wiederum stark sauer, fluorescirte

in's Grüne und war von nadelförmigen Krystallen durchsetzt. Durch Behandlung mit Aether liess sich ein darin schwer löslicher Antheil abtrennen, der auch in reinem Wasser nur theilweise, reichlich aber in verdünnter Schwefelsäure löslich, der Hauptsache nach aus einem unten zu beschreibenden curinartigen Körper bestand. Die ätherische Lösung hinterliess wieder einen mit Krystallnadeln durchsetzten Syrup, dessen Auflösung in Wasser zwar stark sauer reagirte, aber kein Chlor mehr enthielt und mit Ferrichlorid sich intensiv grün färbte. Es lag zweifellos eine organische Säure vor, die wegen zu geringer Menge nicht weiter verfolgt werden konnte.

Der durch die Aetherfällung erhaltene Niederschlag, in welchem das Curarin enthalten sein musste, wurde nun noch einer umständlichen Reinigung dadurch unterzogen, dass er durch Aufnehmen in Chloroformalkohol von Mineralsalzen und sonstigen Verunreinigungen getrennt und diese Procedur so oft wiederholt wurde, bis der Rückstand des Chloroformalkohols in Wasser völlig klar und ohne Rückstand löslich war. Die concentrirte wässrige Lösung schüttelte ich endlich noch so oft mit erneuten Aethermengen aus, bis der Aether nichts mehr aus der Lösung aufnahm. (Die ersten Ausschüttelungen enthielten noch etwas von der durch Eisenchlorid grün sich färbenden organischen Säure.) Zuletzt wurde dann die wässrige Lösung im Vacuum über Schwefelsäure zur Trockne gebracht und hinterliess eine spröde, orangerothe, lackartige Masse von den äusseren Eigenschaften des Curarins, dessen wichtigste Reactionen sie in befriedigender Weise erkennen liess.

Davon lähmten nun 0,5 mg (0,35 mg pro 1 kg) ein Kaninchen von 1,4 kg Körpergewicht nach 15 Minuten. Die Wirksamkeit war also durch das beschriebene Reinigungsverfahren ohne Anwendung besonderer Reagentien fast bis zu der Intensität derjenigen des reinen Curarins gesteigert worden, und es konnten erhebliche Verunreinigungen um so weniger mehr vorhanden sein, als die Substanz auch ohne Rückstand auf dem Platinblech verbrannte.

Die wässrige Lösung dieses Präparates erwies sich nun zunächst wiederum unzweideutig als chlorhaltig. Sie reagirte ganz neutral und gab, mit Salpetersäure und Silbernitrat zum Kochen erhitzt, eine flockige Abscheidung von Chlorsilber.

Bei einer Chlorbestimmung nach Carius ergaben:

0,1525 g 0,0150 AgCl = 0,00371 = 2,43 % Cl.

Es war zwar hierdurch sicher dargethan, dass das Curarin im Curare zum Theil an Chlor gebunden ist. Die Menge des gefundenen Chlors war aber viel zu gering, um die Annahme zu gestatten, dass nur Curarinchlorid vorlag. Es musste noch eine andere Säure zugegen sein.

Die Reaction auf Schwefelsäure fiel zweifellos negativ aus. Wohl aber gelang es, durch Ausschütteln der mit verdünnter Schwefelsäure angesäuerten Lösung mit Aether eine krystallinische Säure in den Aether überzuführen, die nach Krystallform, Sublimirbarkeit und Schmelzpunkt nichts anderes als Bernsteinsäure sein konnte.

Das Curarin ist sonach im Calebassencurare zum Theil als Chlorid, zum Theil als bernsteinsaures Salz enthalten.

3. Ueber einen curinartigen Bestandtheil des Calebassencurare.

Bei der Darstellung des Curarinchlorids ist, wie oben angegeben, der aus den Curarelösungen abgeschiedene Platinniederschlag unter Zusatz von weingeistigem Ammoniak durch Schwefelwasserstoff zersetzt und aus dem alkoholischen Schwefelplatinfiltrat das Curarinchlorid durch Fällung mittels Aether abgeschieden worden. Die von letzterem getrennte und mit dem Waschäther vereinigte Flüssigkeit enthielt nun noch ein Alkaloid, das wegen seiner unverkennbaren Beziehung zum Curarin besonderes Interesse darbietet.

Der Destillationsrückstand der alkoholisch-ätherischen Flüssigkeit wird von Neuem in Aether aufgenommen, von den darin unlöslichen Antheilen getrennt und der Aether wiederum abdestillirt. Nach mehrmaliger Wiederholung dieser Operation erhält man schliesslich einen intensiv grün fluorescirenden Syrup, der auf dem Wasserbade zu einer hellgelben, glasigen, amorphen Masse eintrocknet. Dieselbe ist nur wenig in Wasser, reichlich in Alkohol, Benzol und verdünnten Säuren löslich. Versetzt man die essigsaure Lösung mit Ammoniak, so entsteht ein voluminöser gelblicher Niederschlag, der beim Schütteln mit Aether vollständig von letzterem wieder aufgenommen wird und die ätherische Schicht prachtvoll grün fluoresciren macht. Es gelingt

leicht, durch Benutzung seiner Fällbarkeit durch Ammoniak aus saurer Lösung den Körper zu reinigen und in Form eines amorphen gelben Pulvers zu erhalten. Die im Curare davon vorhandenen Mengen sind zu klein, als dass die eingehendere chemische Untersuchung möglich gewesen wäre; aber schon in den mit kleinen Quantitäten anstellbaren Reactionen trat die Verwandtschaft mit dem Curarin zu Tage.

Die trockene Substanz färbt sich auf Porzellan mit Vanadinschwefelsäure befeuchtet prachtvoll dunkelviolett; diese Färbung geht durch Purpur- in Johannisbeerroth über.

Concentrirte Schwefelsäure bewirkt orangerothe, erst auf Zusatz einer Spur gepulverten Kaliumbichromats in Violett übergehende Färbung.

Die gebräuchlichen Alkaloidreagentien fällen die saure Lösung des Alkaloids; der durch Goldchlorid erzeugte Niederschlag wird sofort reducirt.

Dass kein Curarin vorlag, ergiebt sich aus der Löslichkeit in Aether und der Unlöslichkeit in Wasser.

Bei Fröschen bewirken Gaben von mindestens 2 mg (in verdünnter Essigsäure gelöst) nach kurzer Zeit paretische Erscheinungen wie im Beginne der Curarewirkung. Dazu kam aber eine in den einzelnen Versuchen bald mehr bald weniger deutlich ausgeprägte Erhöhung der Reflexerregbarkeit. Letztere steigerte sich mehrmals bis zu starken tetanischen Zuckungen. Später schreitet die Lähmung fort, und es kommt bis zur completen Unerregbarkeit der Nervenenden. Bekanntlich hat J. Tillie[1]) nachgewiesen, dass auch das Curarin, wenn durch geeignete Gefässunterbindungen dem curarinhaltigen Blute nur der Weg zum Rückenmark offen gelassen und die Nervenendlähmung verhindert wird, bei Fröschen analog dem Strychnin tetanische Krämpfe hervorrufen kann. Das neue Curarealkaloid lässt die reflexsteigernde Wirkung ohne Weiteres hervortreten. Die Intensität seiner peripherlähmenden Wirkung verhält sich zu der des Curarins wie 1 : 100, und bei dem langsamen Fortschreiten der Lähmung kann die spinale Wirkung leichter in die Erscheinung treten.

Es ist mir kaum zweifelhaft, dass das fragliche Alkaloid zum

---

1) Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie XXVII. 1.

Curarin in einer analogen Beziehung steht wie das Curin zum Tubocurarin, dass es die dem quaternären Curarin entsprechende tertiäre Base ist, und ich werde im dritten Abschnitt dieser Abhandlung auf diesen Punkt zurückkommen.

Nachdem ich die Base einmal aufgefunden, habe ich sie in allen später untersuchten Proben von Calebassencurare, stets aber nur in sehr kleinen Mengen nachweisen können.

II. Das Topfcurare.

Im Anfange meiner Beschäftigung mit Curare war es mir an einer Sendung der Droge in grösseren losen, aus den Originalgefässen bereits entleerten Stücken aufgefallen, dass zwei verschiedene Präparate vorlagen, die sich nach Farbe, Geruch und namentlich mit Hülfe der Metaphosphorsäurereaction leicht von einander unterscheiden liessen. Eine nachträglich eingezogene Erkundigung ergab, dass die Sendung ein Gemenge von Calebassen- und Topfcurare gewesen war. Die bei dieser Gelegenheit zum ersten Male über die Verschiedenheiten der beiden Curaresorten und über die Eigenthümlichkeiten des Topfcurare gemachten Beobachtungen habe ich später in allen Fällen bestätigen können, wo ich das in den Originaltöpfen bezogene Pfeilgift selbst aus den irdenen Gefässen entleert habe. Von den 10 Töpfchen aus vier verschiedenen Bezugsquellen, deren Inhalt ich untersucht habe, enthielt kein einziges ein Curare, das dem Calebassencurare ähnlich und mit demselben zu verwechseln gewesen wäre; ebenso sicher war es vom Tubocurare zu unterscheiden. Die Verschiedenheit der Verpackung, noch mehr aber die der chemischen Bestandtheile weisen natürlich auch auf eine verschiedene Provenienz hin.

Nach den geographischen Gebieten und den bei der Giftbereitung verwendeten Strychnosspecies werden von G. Planchon[1]) vier Arten von Curare unterschieden: 1. Curare vom oberen Amazonas (Strychnos Castelnaea Wedd.); 2. Curare vom Orinoco (Strychnos Gubleri G. Planch. und Strychnos toxifera Benth.); 3. Curare von Französisch-Guiana (Strychnos Crevauxii G. Planch.) und 4. Curare

1) Comptes rendus. 19. Janvier 1880 pag. 133; Journal de Pharmacie et de Chimie. V. Série, Tome IV et V. 1881—1882. Vgl. auch G. Planchon et E. Collin, Les Drogues simples d'origine végétale. Tome I. p. 669 ff. Paris 1895.

von Britisch-Guiana (Strychnos toxifera Benth.). Diese Aufstellung stützt sich hauptsächlich auf die botanische Untersuchung der bei der Pfeilgiftbereitung gebrauchten Strychnosarten, welche G. Planchon reichlicher und vollständiger als irgend einem anderen Forscher zur Hand gewesen sind; das chemische Verhalten der Gifte ist dabei nicht berücksichtigt worden.

Von den obigen vier Arten dürfen wir annehmen, dass die vom Orinoco und von Britisch-Guiana der Calebassenwaare entspricht. Die von Französisch-Guiana scheint wenig oder gar nicht in den Handel gekommen zu sein; die vom Amazonas[1]) aber ist wohl mit Sicherheit das Topfcurare.

Ueber die Region der Stammpflanze dieses Giftes, Strychnos Castelnaea Wedd., entnehme ich den Schriften von G. Planchon und Le Janne das Folgende.

Jenseits Teffe empfängt der Amazonas, der bis zur Mündung des Iça den Namen Solimões führt und noch weiter entfernt Marannon heisst, eine grosse Zahl von Zuflüssen, die von einer 300 Meilen langen Linie aus den Anden herabkommen. Die wichtigsten sind zur Rechten: Ukayali, Javary, Jurua, Teffe; zur Linken: Morona, Pastaca, Tigre, Napo, Iça, Yapura.

Die Zuflüsse des linken Ufers, einmal aus den Anden entfernt, durchströmen ein weniger gebirgiges, nur da und dort von einigen Höhenzügen durchschnittenes Gebiet. Die Hügel sind zwar von geringer Höhe, verursachen aber Stromschnellen von schwieriger Passage. Aehnliche Erhebungen finden sich auch mehr im Norden und machen die Schifffahrt auf dem Rio Lesseps und Guaviare gefährlich, wo nicht unmöglich. In dieser Gegend findet man das Curare vom oberen Amazonas. Castelneau hat es hier 1847 beobachtet; Strychnos Castelnaea Wedd. zusammen mit Cocculus toxiferus bilden seine Basis.

Crevaux hat Strychnos Castelnaea gesehen: 1. am Calderon, 15 Stunden entfernt von der peruanischen Grenze; 2. am Javary bei den Ticunas; 3. am Yahuas, rechtsseitigem Nebenflusse des Iça, und an den unteren Dreivierteln des Laufes des Iça selbst; 4. an

1) Dass auch das Tubocurare wahrscheinlich aus dem Stromgebiet des Amazonas stammt, ist im I. Theil erörtert worden.

den unteren Dreivierteln des Laufes des Yapura. Die Pflanze existirt nicht im oberen Viertel des Laufes jener Flüsse; denn die Indianer gehen von da nach dem Amazonas hinab und machen lange Reisen, um sich mit Curare zu versehen. Es ist wahrscheinlich, dass die zu bedeutende Höhe und die Kälte der von den Anden herabstürzenden Wasser den Strychnos mehr vom Hochgebirge abdrängen. Die Indianerstämme, welche Curare fabriciren, sind die Yameos zwischen Tigre und Napo, die Pebas am Maranhao, die Ticunas zwischen Javary und Iça, die Yaguas am Flusse gleichen Namens und die Orejones am Iça.

Am Yapura fabricirt man ein Curare von complicirter Zusammensetzung. Es findet sich hier gleichfalls Str. Castelnaea und Cocculus toxiferus, aber man verwendet auch Strychnos Yapurensis und verschiedene andere Pflanzen, die fast alle unvollständig von Crevaux mitgebracht worden sind. Strychnos Castelnaea erreicht 20 m Höhe; die jungen Zweige sind ockergelb behaart; an den blühenden Zweigen bildet die Behaarung einen dichten Flaum, auch die grossen Hackenranken sind damit besetzt. Die gegenstehenden Blätter erreichen 26 cm Länge und 16 cm Breite.

Ueber die Bereitung des in Rede stehenden Curare bei den Orejones, Yaguas und Pebas entnehme ich dem Reisewerke von Castelneau[1]) folgende für die Geschichte des Curare wichtige Stellen.

»Les Lianes du venin (vol. V. p. 21). On donne a ces dernières les noms Pani et Ramon. La première qui se reconnaît à ses grandes feuilles, fleurit en septembre et donne des grains en decembre. Le Ramon fleurit en janvier; sa feuille est beaucoup plus petit que celle de Pani; on enlève de sa tige la première écorce, puis on la râpe avec soin et l'on obtient le produit à apparence de mousse, d'ont j'ai parlé en traitant des Orejones. Le Pani est plus commun dans les pays de ces derniers que le Ramon, ce qui fait, qu'ils en mettant une plus grande proportion dans leur venin que les Yaguas. Depuis notre retour M. le Dr. Weddell a étudié ces deux plantes. La première appartient au genre Cocculus (C. toxiferus) et la seconde forme une espèce nouvelle du genre Strychnos (Str. Castelnaea).«

---

1) Castelneau, Francis de, Expédition dans les parties centrales de l'Amérique du Sud. Histoire du voyage. Paris 1850. 6 vols. V. vol. p. 14. 21 ff.

»Ce fut avec grand plaisir que je trouvai dans une maison (im Dorfe Ambyacu der Yaguas) plusieurs Indiens occupés a préparer le venin qui leur sert pour la chasse; ils ne parurent mettre aucune mystère à leur opération. Ils avaient fait cuire pendant 24 heures dans une grande chaudière les tronçons d'une liane, puis ils ajoutèrent devant nous une matière ayant l'apparence de la mousse, mais que nous sûmes provenire d'une autre liane, qu'ils avaient rapée. Ce melange devait encore bouillir pendant le même laps de temps pour prendre la consistence de la glu.

»On peut avaler impunément de petits portions de ce venin, mais bu à de grandes doses il tue instantamment.«

Dass die Indianerstämme der mehrfach bezeichneten Stromgebiete das Curare in Töpfchen füllen und damit vielfach Handel treiben, dafür finde ich in dem Reisewerke von Spix und Martius[1]) folgende bestimmte Angaben.

»Die Basis dieses Pfeilgiftes liefert ein dünner Baum Rouhamon guianensis Aublet[2]), der in der Tupi Urari Jiva heisst. Die eingeweichte Rinde ward mit den Händen ausgepresst und über gelindem Feuer eingedampft. Nach Hinzufügung verschiedener anderweitiger Zuthaten (Cocculus, Piper geniculatum etc.) wurde das Gift in kleine Schälchen gegossen.«

»Das Pfeilgift Urari[3]) (so hörten wir es im ganzen Verlaufe

---

1) v. Spix, J. B., und v. Martius, C. F. Th., Reise in Brasilien. III. Band. München 1831, p. 1155 und 1237. Martius war von Ega, der letzten wichtigen Villa der Brasilianer am oberen Amazonas, einen Monat lang den Yupurá hinaufgefahren und hatte oberhalb der ersten Fälle ein Dorf Manacarú der Juris-Taboca getroffen. Hier wohnte er der Bereitung des Pfeilgiftes — also ungefähr 18 Jahre früher als Castelneau — bei.

2) In der »Flora Brasiliensis« VI. 1. p. 298 sagt Martius: »Huic (veneno) pro gravissimo rei momento subesse Strychnum Castelnaei Wedd. extra dubitationis aleam est positum. Ex hujus arbusculae cortice apud Indos Juri in fluvii Japurá ditione superiore venenum parari ocularis fui testis; ex errore tunc stirpem pro Strychno Rouhamon habui.«

3) Bezüglich der Etymologie der Bezeichnung »Ticunasgift« und »Urari« bemerkt Martius (Flora Brasil. l. c.): »Nomen vero illorum Indorum »Tecuna«, unde ipsum venenum appellationem tulit, significat veneficum a verbo tupice »tycoar« = miscere. Tupicae quoque linguae pertinet verbum »Urary«, quod ipsum venenum sagittarum indicat: »ur«: venire, »ar«: cadere, »y«: pronomen relativum, quasi diceres: »quo veniat is cadet«.

unserer Reise nennen wie einst Raleigh am Orinoco, und weder Curare, wie in Spanisch-Guiana, noch Woorara, Wurara und Wurali, wie in Surinam) ist der wichtigste Handelsartikel der Indianer. Es wird in kleinen halbkugeligen schwachgebrannten Geschirren (selten in Calebassen) weit verbreitet, die nur einige Unzen des schwarzen, anfänglich dickflüssigen, dann gänzlich erhärtenden Extractes enthalten, und mit Palmblättern oder einem Stück tuchartigen Bastes »Turiri« überbunden. Im Tausche geht dieser tödtliche Stoff aus Brasilien und Maynas von Hand zu Hand bis zu den entlegenen Stämmen der Quixos und Macos an den Quellen des Napo und Pastaza und jenseits der Cordilleren der Andes in die Provinzen von Esmeraldas und Barbaçoas, gegen Osten aber zu den Völkern am unteren Rio negro.«

Die chemische Untersuchung des Topfcurare konnte von mir leider nicht bis zu einem ganz befriedigenden Abschluss gebracht werden. Trotz bis in die letzten Jahre fortgesetzter Bemühungen war es seit sechs Jahren unmöglich, aus dem Handel auch nur die geringste Menge dieses Pfeilgiftes zu erhalten. Das früher gesammelte Material von kaum 250 g war wohl ausreichend, um eine allgemeine Orientirung zu gewinnen und die Methoden festzustellen, welche bei der Verarbeitung befolgt werden müssen, nicht aber um von den verschiedenen Bestandtheilen die zur Analyse erforderlichen Mengen rein darzustellen. In der Hoffnung, die gebliebenen Lücken noch ausfüllen zu können, habe ich seit der Veröffentlichung des I. Theils meiner Untersuchungen zwei Jahre verstreichen lassen. Nachdem auch während dieser Zeit die mir von Amerika her in Aussicht gestellten Sendungen nicht eingetroffen sind und ein weiteres Zuwarten aussichtslos geworden ist, mögen wenigstens die vorliegenden Resultate bekannt gegeben werden.

Das Topfcurare hat eine ganz besonders missliche Eigenthümlichkeit. Sein Gehalt an wirksamer Substanz ist in den weitesten Grenzen verschieden. Man trifft zwar Präparate, die alle anderen Curaresorten an Giftigkeit übertreffen, andererseits aber häufiger solche, die nur eine sehr schwache Wirkung aufweisen. So erhielt ich aus einer Bezugsquelle vier Töpfchen, die eine gute Ausbeute an einem Curarin lieferten, das das Calebassencurarin erheblich an Giftigkeit übertraf und im Folgenden genau beschrieben werden

soll. Aus zwei anderen Sendungen konnte überhaupt kein einheitliches Curarin isolirt werden. Es ist mir sehr wahrscheinlich, dass zu diesem in einem so weit ausgedehnten Gebiete fabricirten Pfeilgifte verschiedene Strychnosarten verwendet werden. Wie aus den obigen Citaten aus Castelneau erhellt, ist gerade die wesentliche Pflanze Strychnos Castelnaea Wedd. in gewissen Districten wenig verbreitet und wird dann durch grössere Zuthaten anderweitiger Vegetabilien ersetzt. Auch liegt die Vermuthung nahe, dass die für den Handel, nicht für den eigenen Bedarf fabricirte Waare in hohem Grade Fälschungen unterworfen ist. Schon der spärliche Inhalt der einzelnen Töpfchen, bisweilen kaum 20 g, dessen Menge man zudem bei dem grossen Gewicht der irdenen Gefässe auch nicht annähernd schätzen kann, zeigt, dass mit diesem Tausch- und Handelsartikel gewiss häufig grobe Uebervortheilungen begangen werden.

Die oben erwähnten vier Töpfchen mit sehr stark wirkendem Curare stammten aus der Gegend von Mayubuna am Marannon von den Pebas-Indianern; sie waren über Manaos in Nordbrasilien nach Europa gekommen.

Das Bruttogewicht der Töpfe beträgt 90—150 g. Behufs der Entleerung müssen sie zertrümmert werden, weil das in dünner Schichte zur festen Masse eingetrocknete Gift der rauhen Innenseite der Geschirre sehr fest anhaftet. Die in den einzelnen Töpfen enthaltene Giftmenge beträgt durchschnittlich 25 g; als Maximum fand ich einmal 40,0 g.

Das Gift ist ein trocknes, schwarzbraunes, auf dem muscheligen Bruche glänzendes, in grösseren Stücken bisweilen auch blasiges Extract und liefert beim Zerreiben ein graubraunes Pulver. Häufig ist es durch einen ziemlich starken eigenthümlichen aromatischen Geruch ausgezeichnet, wie ich ihn am Tubo- und Calebassencurare niemals wahrgenommen habe. Es wäre möglich, dass dieser Geruch von den bei der Giftbereitung verwendeten Piperaceen (Piper geniculatum) herrührte.

Makroskopisch sichtbare Krystalleinschlüsse fehlen; dagegen findet man bei der Untersuchung in Glycerin erweichter Stückchen mit dem Mikroskop viele vierseitige Prismen, die aus Kaliumsulfat bestehen, ausserdem grössere und kleinere Steinzellen, Parenchymtrümmer und Schimmelfäden.

Beim Erhitzen auf 100° C. im Trockenschrank verloren 1,0810 g des besten Präparats 0,0955 g = 8,33% Feuchtigkeit. Diese Menge, in der Platinschale verascht, hinterliess 0,0785 g = 7,9% Mineralstoffe. Die röthlichbraun gefärbte Asche löste sich unter Abscheidung brauner Flocken mit sehr schwach alkalischer Reaction theilweise in Wasser. Die wässrige Lösung enthielt sehr viel Sulfate, nur wenig Chloride und keine Phosphorsäure. Beim Aufschliessen der Asche mit Salzsäure entwickelte sich keine Kohlensäure. Die salzsaure Lösung enthielt viel Erdphosphate und in dem in ihr durch Ammoniumcarbonat erzeugten Niederschlage war Mangan, im Filtrat davon etwas Eisen nachweisbar. Die quantitative Aschenanalyse musste wegen der Kostbarkeit des Materials unterbleiben, doch ist aus den Resultaten der qualitativen Analyse ersichtlich, dass die Asche in ihrer Zusammensetzung derjenigen des Calebassencurare sehr ähnlich ist und sich wie diese durch den Reichthum an Kaliumsulfat und den Mangangehalt auszeichnet.

Die Löslichkeit des Topfcurare in Wasser und 50proc. Spiritus schwankt in sehr weiten Grenzen. Von dem besten Präparate waren in Wasser 87,5%, in 50proc. Weingeist 94,1% löslich; die schlechten Sorten gaben nur 50% und darunter an Wasser ab.

Noch weitergehende Differenzen zeigt die Giftigkeit. Während von dem besten meiner Präparate 1 mg (0,8 mg pro Kilo!) hinreichte, um ein Kaninchen von 1,2 kg in 17 Minuten zu tödten, waren von den übrigen 5—10 mg dazu nothwendig.

Die filtrirte wässrige Lösung des Topfcurare unterscheidet sich von der des Calebassencurare in charakteristischer Weise dadurch, dass sie:

1. mit Metaphosphorsäure sofort eine voluminöse Fällung giebt,
2. beim Versetzen mit Platinchlorid nach kurzer Zeit starke Reduction eintritt,
3. auch Aetzammoniak einen Niederschlag bewirkt;

gegen die Alkaloidreagentien und Haloidsalze verhält sie sich im Uebrigen wie die Lösung der beiden anderen Curaresorten.

Durch die auf Zusatz von Metaphosphorsäure und Ammoniak entstehenden Fällungen wird die Anwesenheit von Alkaloiden der Curingruppe angezeigt, durch welche die chemische Verarbeitung

des Topfcurare in noch höherem Grade als beim Tubocurare complicirt und erschwert wird.

Hinsichtlich der stark wirksamen, zur Curaringruppe gehörenden Basen hat, wie schon bemerkt wurde, nur ein einziges Präparat befriedigende Resultate ergeben. Wenn es auch nicht möglich war, aus den übrigen ein einheitliches Curarin zu isoliren, so waren doch in Betreff der Curine die Befunde in allen Fällen, auch bei den ganz schwach wirkenden Präparaten die gleichen. Diese Bestandtheile sind es daher, welche die Eigenthümlichkeit des Topfcurare bilden und seine Unterscheidung vom Calebassencurare leicht machen.

Bei der Isolirung und Trennung der Alkaloide hat sich folgende Methode am besten bewährt.

Das fein gepulverte Curare wird mit der zwanzigfachen Menge 50proc. Alkohols übergossen, unter häufigem Umschütteln einen Tag stehen gelassen, die Lösung sodann ohne zu filtriren abgegossen und der ungelöst gebliebene Bodensatz noch dreimal in gleicher Weise extrahirt. Die ersten drei klar abgegossenen Lösungen werden vereinigt und nach Zusatz von Ammoniak sechsmal mit Aether ausgeschüttelt. Die vierte Portion wird nach Ammoniakzusatz mit dem Bodensatz zusammen mit Aether ausgeschüttelt. Durch die Verwendung schwachen Alkohols wird die Gallertbildung beim Schütteln mit Aether vollständig vermieden. Die ätherischen Ausschüttelungen liefern die Curine, die von ihnen getrennten wässrigen Flüssigkeiten das Curarin.

Zur Gewinnung der ersteren bringt man die ätherischen Auszüge durch Destillation und zuletzt durch Eindampfen auf dem Wasserbad zur Trockne. Der gepulverte Rückstand wird wiederholt mit Methylalkohol ausgekocht. Beim Erkalten des abfiltrirten Methylalkohols scheiden sich aus demselben graue Massen ab; daraus werden durch abermaliges Auskochen mit Methylalkohol feine nadelförmige Krystalle des ersten curinartigen Alkaloids gewonnen, welches ich Protocurin nennen will. Seine Mutterlaugen werden wiederum zur Trockne eingedampft und ihr Rückstand nunmehr in Chloroform aufgenommen, das nur einen geringen Theil, von dem abfiltrirt wird, ungelöst lässt. Bringt man die nicht zu concentrirte Chloroformlösung in einen Scheidetrichter und schüttelt sie mit dem gleichen Volumen Wasser, so scheiden sich nach einiger Zeit aus dem Chloroform

harte farblose Krystalle einer zweiten Base, dem Protocuridin ab; sie lassen sich durch Abfiltriren vom Chloroform trennen. Vom Wasser wird so gut wie nichts aufgenommen, es dient nur dazu, das Protocuridin zur Abscheidung zu bringen. Das Chloroform hinterlässt endlich nach dem Verdunsten eine amorphe rothbraune Masse, aus welcher zwar nichts Krystallinisches mehr zu gewinnen war, die aber doch noch mindestens einen curinartigen Körper von eigenthümlicher Wirkung enthält.

Die ausgeätherten und durch einen Luftstrom völlig von Aether befreiten Flüssigkeiten werden filtrirt und mit 3 volumina absoluten Alkohols gefällt; dabei scheidet sich unter Anderem Kaliumsulfat in reichlicher Menge, bisweilen sofort krystallinisch ab. Das alkoholische Filtrat wird zum dünnen Syrup eingeengt, dieser durch nochmaligen Zusatz von viel Alkohol von dem Rest darin unlöslicher Stoffe befreit und die filtrirte alkoholische Lösung endlich mit 10proc. weingeistiger Sublimatlösung gefällt. Den gut mit Alkohol gewaschenen Sublimatniederschlag vertheilt man in absolutem Alkohol und zersetzt ihn in der Kälte durch Schwefelwasserstoff. Aus dem vom Quecksilbersulfid getrennten Filtrat wird das Protocurarin als Chlorid durch Aether gefällt und bei der weiteren Reinigung genau so verfahren, wie es oben beim Calebassencurare angegeben ist.

1. Das Protocurin.

Durch wiederholtes Umkrystallisiren aus kochendem Methylalkohol, worin es sehr schwer löslich ist, wird dieses Alkaloid in farblosen haarförmigen Nadeln erhalten, welche auf dem Filter gesammelt und getrocknet schönen Atlasglanz zeigen. Es ist unlöslich in Wasser, sehr schwer löslich in Aether, Chloroform, Aethyl- und Methylalkohol, leicht löslich in verdünnten Säuren. — Im Capillarröhrchen erhitzt bräunt es sich bei 160° und schmilzt unter Zersetzung bei 306° C.; die geschmolzene Substanz riecht stark nach Trimethylamin.

Die Salzlösungen des Protocurin schmecken intensiv bitter und geben mit Metaphosphorsäure sehr voluminöse weisse Niederschläge. Charakteristische Farbenreactionen giebt Protocurin nicht. Seine Salze sind krystallisirbar. Das Sulfat erhielt ich in schönen farblosen rhombischen Tafeln.

Auch das Platindoppelsalz dürfte wohl krystallinisch zu erhalten sein; zunächst fällt es aus der Lösung des Hydrochlorats auf Zusatz von Platinchlorid als amorpher orangegelber Niederschlag aus.

Das vorhandene Material genügte nur für einige wenige Analysen.

0,1180 verloren bei 100° getrocknet kein Krystallwasser und gaben

0,3187 g CO_2 = 0,0869 = 73,65 % C
0,0780 g H_2O = 0,0086 = 7,34 % H.

0,1336 g des Platindoppelsalzes gaben 0,0252 g = 18,86 % Pt.

Obwohl der Stickstoffgehalt des Körpers qualitativ leicht nachzuweisen war, wurden bei einer nach Kjeldahl ausgeführten Stickstoffbestimmung nur Spuren von Stickstoff erhalten. Da die Analyse leider nicht nach einer anderen Methode wiederholt werden konnte, so lässt sich vorläufig eine Formel mit Sicherheit nicht aufstellen. Obige Zahlen würden stimmen zu $C_{20}H_{23}NO_3$.

Berechnet	C 73,84	H 7,08	Pt 18,56
Gefunden	C 73,65	H 7,34	Pt 18,86.

Protocurin äussert eine schwache, aber unzweifelhafte Curarewirkung. Bei Fröschen sind zur Herbeiführung completer Lähmung 7 mg erforderlich; bei Kaninchen werden durch die gleiche Menge nur die ersten Anzeichen beginnender Lähmung hervorgerufen. Eine Wirkung auf das Herz und auf die Reflexerregbarkeit war bei Fröschen nicht zu constatiren.

2. Das Protocuridin.

Das Protocuridin ist als freie Base in allen Lösungsmitteln so gut wie unlöslich. Zur Reinigung wird es wiederholt mit Chloroform ausgekocht, wobei es ungelöst in Form sehr harter farbloser dicker prismatischer Krystalle zurückbleibt, welche im Capillarröhrchen bei 274—276° C. schmelzen. Von verdünnten Säuren wird es leicht gelöst. Die Salzlösungen schmecken nicht merklich bitter und geben ausser mit den gebräuchlichen Alkaloidreagentien auch mit Metaphosphorsäure eine starke weisse Fällung. Charakteristische Farbenreactionen fehlen auch bei diesem Alkaloid.

Das Sulfat krystallisirt leicht in grossen farblosen rhombischen Krystallen, die in kaltem Wasser schwer löslich sind.

Platinchlorid bewirkt in der Lösung des Hydrochlorats zunächst einen amorphen, hellgelben Niederschlag, der sich bei gelindem Erwärmen in ein gelbes, aus kleinen Oktaëdern bestehendes Pulver verwandelt. Davon gaben

0,2870 g 0,0447 g = 18,86 Pt.

Bei einer Elementaranalyse der freien Base, die kein Krystallwasser enthält, wurden folgende Resultate erhalten:

0,2381 g gaben 0,6410 CO_2 = 0,1748 = 73,34 % C
» 0,1450 H_2O = 0,0161 = 6,76 % H.

Die Kjeldahl'sche Stickstoffbestimmung versagte auch bei dieser Base. Bei Annahme von 1 Atom N würden obige Zahlen zu der Formel $C_{19}H_{21}NO_3$ passen.

Berechnet	C 73,31	H 6,75	Pt 19,06
Gefunden	C 73,34	H 6,76	Pt 18,86.

Bei einigermassen reichlicherem Material wird es ein Leichtes sein, die analytischen Daten für die beiden krystallisirbaren Alkaloide des Topfcurare zu ergänzen.

Das Protocuridin erwies sich bei Thierversuchen als ungiftig.

Auf die Anwesenheit noch weiterer, wahrscheinlich amorpher Basen in den Mutterlaugen der soeben beschriebenen schliesse ich sowohl aus den starken Alkaloidreactionen, die sie zeigen, als auch aus den Ergebnissen damit angestellter Thierversuche. 20—25 mg riefen bei Fröschen Lähmung und am Herzen ähnliche Störungen — Peristaltik, Halbirung der Pulszahl — hervor, wie sie auch als Wirkung des Curins aus Tubocurare beobachet worden sind.

3. Das Protocurarin.

Das Curarin des Topfcurare, das ich zur Unterscheidung von den beiden anderen und im Hinblick auf seine stärkere Wirkung Protocurarin nenne, habe ich, wie schon bemerkt, nur aus einem einzigen Präparate (dem Inhalt von vier Töpfchen) in geringer Menge zuverlässig rein und einheitlich nach der oben angegebenen Methode

darzustellen vermocht. Ungefähr Dreiviertel meines ganzen Materials an Topfcurare lieferten, ebenso behandelt, zwar äusserlich wie Curarin aussehende Producte, die aber nach der Ungleichmässigkeit ihrer Wirkung und nach den Ergebnissen der Analyse unmöglich einheitliche Körper sein konnten. Ich glaube, dass es Gemenge verschiedener Curarine waren, welche bei den wenig charakteristischen chemischen Eigenschaften dieser Körper sich nicht von einander trennen lassen.

Das aus dem Sublimatniederschlag gewonnene, durch wiederholte Behandlung mit Chloroformalkohol und Aetherfällung aus alkoholischer Lösung sorgfältig gereinigte Protocurarinchlorid ist ein amorphes, mattrothes Pulver, leicht löslich in Wasser, Aethyl- und Methylalkohol und alkoholhaltigem Chloroform. Mit concentrirter Schwefelsäure befeuchtet färbt es sich braun und erst nach dem Einstreuen einer Spur gepulverten Kaliumbichromats verwandelt sich die Farbe in lebhaftes Violett. Concentrirte Salpetersäure löst es sofort mit kirschrother Farbe. Vanadinschwefelsäure giebt eine rothviolette Färbung.

In der wässrigen Lösung des Chlorids verursacht Salpetersäure einen flockigen Niederschlag, der beim Verdünnen mit Wasser wieder verschwindet; Metaphosphorsäure bewirkt eine voluminöse, gelbe Fällung. Der durch Platinchlorid erzeugte anfangs helle Niederschlag wird am Lichte durch Reduction binnen Kurzem dunkel; auch ammoniakalische Silberlösung wird unter Spiegelbildung reducirt; Ferrichlorid färbt die Lösung dunkelbraun. Beim Erhitzen des mit Chlorkalklösung versetzten Chlorids erfolgt Entfärbung und Abscheidung eines amorphen weissen Niederschlags.

Den übrigen Alkaloidreagentien gegenüber verhält sich Protocurarin wie Curarin. Seine Salzlösungen sind optisch inactiv.

Im Exsiccator über Schwefelsäure verliert Protocurarinchlorid langsam Chlorwasserstoffsäure und ist daher zur Analyse wenig geeignet. Ich theile nur das Ergebniss einer Stickstoffbestimmung des Chlorids nach Dumas mit:

$$0{,}2130 \text{ g gaben } 0{,}0089 \text{ g} = 4{,}17\,\%\ \text{N}.$$

Protocurarinplatinchlorid.

Zur Ermittlung des Molekulargewichts wurde bei sorgfältigem Lichtabschluss durch fractionirte Fällung des Chlorids mit Platinchlorid das Platindoppelsalz dargestellt. Es gleicht im Allgemeinen dem Curarinplatinchlorid, unterscheidet sich aber von diesem darin, dass es auch im trocknen Zustande dem Lichte exponirt in kurzer Zeit an der Oberfläche unter Dunkelfärbung reducirt wird.

1.	0,1890 g	gaben	0,0370	=	19,57 %	Pt
2.	0,2168 g	»	0,0422	=	19,46 »	»
3.	0,1975 g	»	0,0382	=	19,34 »	»
4.	0,2125 g	»	0,0414	=	19,48 »	»

Im Mittel aus 4 Bestimmungen 19,46 % Pt.

Protocurarinjodid.

Nach dem beim Curarin angegebenen Verfahren dargestelltes amorphes, röthlichgelbes Pulver.

1.	0,1165 g	gaben	0,0646 AgJ	= 0,0349	= 29,97 % J
2.	0,1795 g	»	0,3512 CO_2	= 0,0958	= 53,36 % C
		»	0,0944 H_2O	= 0,0105	= 5,84 % H
3.	0,1695 g	»	0,0089 g	= 4,56 % N.	

Berechnet für $C_{19}H_{24}NO_2J$	$C_{19}H_{25}N_2OJ$	Gefunden
C 53,64	53,78	53,39
H 5,64	5,89	5,84
N 3,29	6,60	4,56
J 29,88	29,98	29,97
$[C_{19}H_{24}NO_2Cl]PtCl_4$	$[C_{19}H_{25}N_2O.Cl]PtCl_4$	Gefunden
Pt 19,40	19,40	19,46

Nach diesen Resultaten, die zu vervollständigen es mir leider an Material fehlte, hat trotz des um mehr als 1 % zu hoch gefundenen Stickstoffgehaltes des Jodids die Formel $C_{19}H_{25}NO_2$ für das

Protocurarin die grössere Wahrscheinlichkeit für sich, zumal da auch die oben angeführte Stickstoffbestimmung des Chlorids (berechnet für 1 N 4,17% N; für 2 N 8,3%, gefunden 4,18%) für nur ein Stickstoffatom im Molekül spricht.

Die Identität von Curarin und Protocurarin halte ich für ausgeschlossen, einmal im Hinblick auf die Verschiedenheit ihrer Reactionen, andererseits aber wegen der Differenzen in der Wirksamkeit beider Alkaloide. Vom Curarin sind zur tödtlichen Vergiftung genau 0,34 mg pro 1 kg Kaninchen nothwendig; das Protocurarin hat diese Wirkung schon in der Dosis von 0,24 mg pro Kilogramm, ohne dass hinsichtlich der Qualität der Wirkung irgend ein Unterschied nachzuweisen war.

Der Versuch, das freie Protocurarin zu isoliren, scheiterte wiederum an dem Umstande, dass Silberoxyd oxydirend auf die Base einwirkt.

Mit dem Inhalt eines Töpfchens ist gesondert der Versuch angestellt worden, das Curarin ohne Fällungsmittel zu isoliren. Auch hierbei resultirte schliesslich ein gut wirksames Präparat, in welchem Chlor und Bernsteinsäure leicht nachzuweisen waren.

III. Ueber einige Curarerinden.

Die Anatomie der Rinden von Strychnos toxifera Benth., Str. Castelnaei Wedd., Str. Gubleri G. Planchon und Str. Crevauxii G. Planchon, also derjenigen Arten, von denen man annehmen darf, dass sie in den verschiedenen Curaredistricten Südamerikas die wesentlichen Ingredienzien für das Pfeilgift bilden, ist von G. Planchon[1]) in mehreren Abhandlungen eingehend beschrieben worden. Bei unverkennbarer Uebereinstimmung im Typus des Rindenbaues finden sich bei den einzelnen Species in Betreff der Mächtigkeit der einzelnen Schichten und der Grösse gewisser zelliger Elemente Abweichungen, die vielleicht dazu benutzt werden können, die Rinden der verschiedenen Species von einander zu unterscheiden.

Die von G. Planchon untersuchten Materialien bestanden aus Objecten der Pariser Weltausstellung vom Jahre 1889 (Abtheilung Venezuela) und aus Rinden und anderen Pflanzentheilen, welche Crevaux und andere Reisende aus Südamerika mitgebracht hatten. Planchon's Angaben sind insofern von besonderem Werthe, als er bei der Mehrzahl der von ihm untersuchten Rinden durch den Besitz der übrigen für die botanische Diagnose nöthigen Pflanzentheile im Stande war, die Abstammung der Rinden mit Sicherheit anzugeben.

Der allen untersuchten Rinden zukommende allgemeine anatomische Habitus ist kurz folgender. Unter einer aus braunen Tafelzellen bestehenden Korkschichte folgt rothbraunes primäres Rindenparenchym, auf dieses ein mehr oder weniger breiter, continuirlicher Sklerenchymring und nach innen von diesem eine zweite, meistens breitere Schichte von Parenchym. In beiden Parenchymlagen kommen auch einzelne Sklereiden und ausserdem viele Kalkoxalatkrystalle vor. In der

1) Journal de Pharmacie et de Chimie. V. Sér. Tome IV et V. 1881—1882.

Hauptsache sind, nebenbei bemerkt, die anatomischen Verhältnisse der Rinden der Curarestrychnos dieselben wie die der ostindischen Strychnin resp. Brucin enthaltenden Species.

Eine andere Frage ist es nun aber, von welchen Theilen der Pflanze, in welcher Periode ihres Stoffwechsels und in welcher Ausdehnung die Rinden von den Indianerstämmen bei der Curarefabrikation verwendet werden.

Man findet über diesen Punkt in den Schriften der verschiedenen Reisenden nur sehr ungenügende und oberflächliche Angaben. Bei R. Schomburgk[1]) lesen wir: ». . . . Ehe wir unseren Weg weiter fortsetzten, schnitten wir uns von den Exemplaren (von Strychnos toxifera Benth.), die in ihren jungen Trieben zeigten, dass sich die Pflanzen im vollen Safte befanden, eine Menge 3—4 Fuss langer Stücke, grossentheils vom Stamme und von den holzigen Zweigen ab, um den folgenden Tag das Gift davon zu bereiten.« An einer anderen Stelle, wo die Bereitung des Curare geschildert wird, heisst es: »Der Indianer begann nun zuerst von den vom Hamikipang mitgebrachten Stücken die Rinde und das Alburnum (beide Theile sollen die giftige Substanz im höchsten Grade besitzen) abzuschälen.« Appun (l. c.), der am gleichen Orte wie Schomburgk Augenzeuge der Giftbereitung war, bemerkt übereinstimmend mit Schomburgk, dass hauptsächlich Rinde und Alburnum von Str. toxifera genommen wurden.

Dem schönen Werke von Crevaux[2]) entnehmen wir hinsichtlich der Einsammlung und Bearbeitung der Rinden bei den Trios und Rucuyennes in Französisch-Guiana das Folgende: ». . Er (der Indianer) fährt fort lange Wurzeln (von Strychnos Crevauxii) blosszulegen, welche horizontal unter dem Erdboden verlaufen . . . . Alamoiki hat eine grosse Menge von Wurzeln zusammengehäuft, welche er mit Palmblättern in zwei Bündel packt, und wir machen uns auf den Weg . . . . Zu Hause angelangt legt Alamoiki die beiden Bündel in den Fluss . . . Wir verbringen (am folgenden Tage) den Nachmittag

1) Reisen in Britisch-Guiana in den Jahren 1840—1844. Leipzig 1847, p. 440 u. ff. Der Autor berichtet hier über einen Ausflug in das Kanukugebirge, welchen er unter Führung in der Curarebereitung erfahrener Indianer zum Zwecke der Einsammlung der Materialien für das Pfeilgift unternommen hatte.

2) J. Crevaux, Voyages dans l'Amerique du Sud. Paris, Hachette, 1883, p. 268.

damit, um die Wurzeln, welche nun 24 Stunden im Wasser gelegen haben, abzukratzen. Dabei bekomme ich gelbe Hände, wie beim Arbeiten mit Jodtinctur. Ich koste etwas von der Rinde, welche sich in kleinen Stückchen abblättert, und bemerke, dass sie einen sehr bitteren Geschmack besitzt.«

Dies ist alles, was ich in der Litteratur über die in Frage stehenden Punkte habe auffinden können. Von den von Planchon anatomisch untersuchten Rinden ist nicht angegeben, ob eine derselben von den Indianern zum Zwecke der Curarebereitung eingesammelt war. Es wird sich alsbald zeigen, weshalb ich auf diese vielleicht nebensächlich erscheinenden Umstände Gewicht lege.

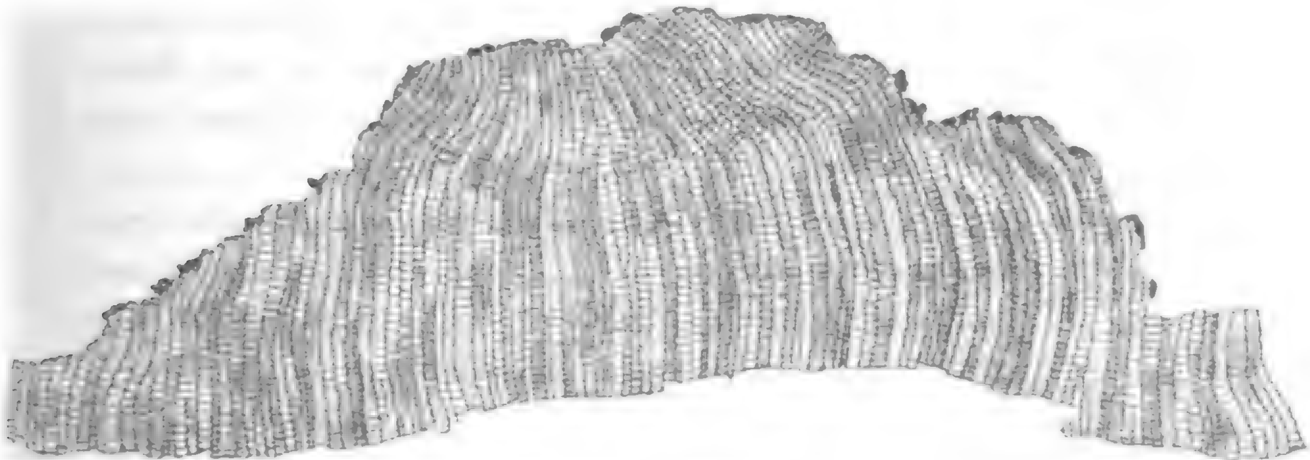
Vor einigen Jahren sandte mir Dr. Joseph Tillie in Edinburgh eine Anzahl von Strychnosrinden, welche er durch Herrn Holmes aus dem Museum der Pharmaceutical Society in London erhalten hatte. Unter denselben erwies sich nur eine einzige als sehr giftig, versehen mit der Etiquette »Strychnos toxifera«. Tillie hat über die pharmakologische Untersuchung dieser Rinde bereits vor längerer Zeit Mittheilung gemacht[1]). Die kleine Menge von 2 g, welche mir zur Verfügung stand, habe ich, abgesehen von einigen chemischen und pharmakologischen Versuchen, über welche später berichtet werden soll, zur mikroskopischen Untersuchung verwendet.

Die Rinde bestand aus unregelmässig viereckigen, 1,5—2,0 cm breiten und wenig längeren, sehr dünnen, leicht zerbrechlichen Stücken, welche an der Aussenseite dunkelgrau gefärbt und mit unregelmässigen leistenförmigen Erhabenheiten besetzt waren, an der Innenfläche glatter erschienen und eine dunkelzimmtbraune Farbe aufwiesen.

Unter dem frischen Eindruck der Lectüre der Planchon'schen Abhandlungen über Strychnosrinden stehend war ich sehr überrascht, bei der mikroskopischen Untersuchung der Rinde auf Längs- und Querschnitten nichts Anderes als normales regelmässiges Korkgewebe constatiren zu können. Ein Zweifel an der Echtheit der Droge konnte nicht aufkommen angesichts der Thatsache, dass ein kalt bereiteter Auszug derselben sich nahezu wie eine annähernd reine Curarinlösung verhielt und eine enorme Giftigkeit aufwies.

1) l. c.

An der Hand der beigegebenen Abbildungen (siehe untenstehende Figur und Tafel III Fig. 1) sei zunächst der mikroskopische Befund genauer geschildert. Auf dem Querschnitt ist die Rinde nach innen zu ziemlich scharf geradlinig, nach aussen hingegen entsprechend den schon makroskopisch an der Aussenfläche wahrnehmbaren Leisten und Vertiefungen unregelmässig wellig begrenzt, wobei Wellen verschiedener Ordnung hervortreten. Die Korkschichte ist demnach abwechselnd dicker und dünner und zerbricht bei der Anfertigung feiner Querschnitte leicht an den dünnsten Stellen. Das Gewebe besteht aus regelmässigen, nur wenig wellig gebogenen radialen Reihen von tangential etwas gestreckten Korkzellen. Die Zahl der eine radiale Reihe zusammensetzenden Zellen schwankt zwischen 10



Querschnitt. Vergr. 50.

(an den dünnsten Stellen) und 70 (an den dicksten). Die Zellwände sind von gleichmässiger, ziemlich geringer Dicke, glatt und nirgends porös. Die Mehrzahl der Zellen erscheint in Spirituspräparaten leer, nur in den peripheren Schichten finden sich Zellgruppen, deren Elemente mit homogenen rothbraunen Massen gefüllt sind (siehe Tafel III Fig. 1). Der ganze Kork ist von lebhaft gelbbrauner Farbe und giebt trotz des reichen Curaringehalts mikrochemisch nicht die Curarinschwefelsäurereaction.

Auf Längsschnitten präsentiren sich die Zellen als fast isodiametrisch; Reihenbildung ist hier in axialer Richtung nur in den inneren Partien angedeutet. Nirgends in der ganzen Ausdehnung des Gewebes war sonst etwas von Differenzirung, auch nichts von Sklereiden oder Kalkoxalatkrystallen wahrzunehmen, obwohl von mehreren Stücken

der Droge an möglichst von einander entfernten Stellen eine grosse Anzahl feiner Schnitte angefertigt und untersucht worden ist.

Das Auffallende dieses Befundes liegt natürlich nicht in den anatomischen Verhältnissen, welche, wie man sieht, in nichts von den Charakteren normalen Korkgewebes abweichen, sondern darin, dass dieses Korkgewebe, an welchem auch nicht eine Spur von den übrigen Gewebsschichten der Rinde haften geblieben ist, der Sitz so reichlicher Mengen von Alkaloid ist.

Da mir nur 2 g der Droge zu Gebote standen, so konnte ich natürlich nicht daran denken, das Alkaloid daraus rein darzustellen. Wohl aber war es möglich, den intensiv gelb gefärbten Auszug genau auf seine Wirkung zu prüfen und soweit zu reinigen, dass die charakteristischen Curarinreactionen angestellt werden konnten. Meine Beobachtungen führten in beiden Richtungen zur Bestätigung der Angaben, welche Tillie (l. c.) hierüber schon früher gemacht hat.

Nimmt man den Werth von 0,34 mg als kleinste tödtliche Dosis (für 1 kg Körpergewicht des Kaninchens) des Curarins zum Maassstab, so berechnet sich der Curaringehalt des vorliegenden Korkes nach der Wirksamkeit seines wässrigen Auszuges auf nicht weniger als 7%.

War nun aber auch auf diese Weise das Vorhandensein des wirksamen Alkaloids in der nur aus Korkgewebe bestehenden Droge unzweifelhaft festgestellt, so stand ich immer noch vor einer vereinzelten Beobachtung, aus welcher keine allzu weitgehenden Schlussfolgerungen gezogen werden konnten.

Wie kam es, dass hier der Kork so säuberlich von allen anderen Rindentheilen getrennt war? War diese Trennung eine zufällige oder absichtliche? Mein Befund widersprach den oben citirten Angaben von Schomburgk und Appun, nach welchen nicht bloss die Rinde, sondern auch das Alburnum (Splint) von Strychnos toxifera zur Curarebereitung verwendet wird. Die Bemerkung bei Crevaux, dass sich die Rinde nach 24stündigem Liegen in Wasser in kleinen Stückchen abblättert, könnte schon eher als Fingerzeig dahin angesehen werden, dass von den Giftköchen absichtlich nur der Kork von der Rinde abgeschält wird.

Ich suchte mich zunächst davon zu unterrichten, ob vielleicht der Kork auch anderer Strychnosrinden sich leicht im Zusammenhang von den unterliegenden Geweben ablöst. Dies ist entschieden nicht der Fall. Ich versuchte es unter anderen mit einer später noch näher zu beschreibenden Strychnosrinde, welche ich der Güte des Herrn G. Planchon verdanke. Dieselbe wies alle die normalen Rindenschichten auf, der Kork löste sich aber nicht im Zusammenhang ab, auch nicht, nachdem die Rinde längere Zeit in Wasser macerirt worden war.

Ein besonders glücklicher Zufall führte mich nun in den Besitz von noch anderen Materialien, welche einiges Licht über die Frage zu verbreiten geeignet sind.

Herr Dr. Ehrenreich in Berlin, von einer Expedition nach Südamerika zurückgekehrt, hatte die Güte, mir eine Anzahl von Gegenständen zur Verfügung zu stellen, welche er in einer verlassenen Indianerhütte am Rio Purus (Indianerstämme Ipurina und Yamamadi) aufgefunden hatte. Es waren dies:

1. Ein Bündel von beblätterten und ausserdem auch mit mehreren braunen, olivenförmigen Früchten besetzten Zweigen, welche sich leicht als einer Strychnacee angehörig erkennen liessen und mir nach Form und Anordnung der Blätter und Früchte (Blüthen fehlten) grosse Aehnlichkeit mit Strychnos Rouhamon Benth. zu haben schienen.

Herr Dr. H. Solereder in München, welchem ich einen Theil des Materials zur eventuellen Stellung der botanischen Diagnose übersandte, war so freundlich, mir das Ergebniss seiner Untersuchung wie nachstehend mitzutheilen.

»Der in Frage stehende Zweig stammt zweifellos von einer Strychnosart. Dieselbe gehört, soweit sich beim Fehlen der Blüthen auf Grund der seitenständigen Inflorescenzen, der anatomischen Structur von Axe, Blatt und Samen und des Habitus sagen lässt, der Section Rouhamon an. Sie ist nächstverwandt mit Strychnos Rouhamon Benth. und Strychnos lanceolata Spruce, von denselben aber verschieden. Sie scheint mir eine neue Art zu sein. Doch möchte ich dieselbe, da das Material unvollständig ist, nicht als neue Art eingeführt wissen, zumal von Planchon und Baillon eine Reihe sehr wenig gekannter, sehr unvollständig beschriebener und daher mit voller Sicherheit in neuem Material nur bei Einsichtnahme der

betreffenden Originalien wiedererkennbarer Arten aus der Section Rouhamon beschrieben worden ist.«

Dr. Ehrenreich theilte mir mündlich mit, dass von den Indianern auf die Zuthat dieser Pflanzentheile bei der Pfeilgiftbereitung Gewicht gelegt werde. Ich versäumte daher nicht, Blätter, Zweige und Samen chemisch zu untersuchen. Hierbei erwiesen sich die Blätter als ganz alkaloidfrei; die Zweige enthielten kleine Mengen von Alkaloid und erst sehr grosse Dosen ihres wässrigen Extracts führten bei Fröschen zu einer schwachen Curarewirkung. In den Samen habe ich keinen giftigen Bestandtheil auffinden können.

2. Den zweiten Gegenstand bildeten zwei aus grossen Blättern hergestellte und am oberen Ende aneinander gebundene Beutel, welche mit Rindenstücken angefüllt waren, wahrscheinlich also den von einer Excursion mitgebrachten Rindenvorrath für eine Curarebereitung darstellten.

Es war leicht zu ermitteln, dass der Inhalt der Beutel, zusammen 75,0 g, nur aus einer einzigen Rindensorte bestand. Die Rindenstücke (Fig. 4, a u. b, Tafel I), unregelmässig viereckig, waren in maximo 3 cm breit und lang und 1,5—2,0 mm dick. Der Grösse und Flachheit nach zu schliessen mussten sie von ansehnlich dicken Stämmen oder Aesten entnommen sein.

Die äussere graubraune bis dunkelrothbraune Oberfläche ist uneben, durch ziemlich scharfe und geradlinige Einkerbungen in Form unregelmässig viereckiger Felder zerklüftet, die in der Axenrichtung eine sehr feine Längsstreifung erkennen lassen. Die innere Fläche, von zimmtbrauner Farbe, ist im Vergleich zur äusseren glatt und zeigt nur entsprechend den äusseren borkenähnlichen Schuppen seichte Erhabenheiten und Vertiefungen.

Die mikroskopische Untersuchung ergab nun sofort, dass auch diese Droge nur aus Korkgewebe bestand und bei der glatten Beschaffenheit der Innenseite der lebenden Pflanze in einer Vegetationsperiode entnommen sein musste, wo sich das Periderm leicht von dem darunter liegenden Gewebe abblättern lässt. Schon das makroskopische Aussehen zeigte aber auf den ersten Blick, dass dieser Kork nicht mit dem oben beschriebenen von Strychnos toxifera übereinstimmte und daher einer anderen Species angehören musste. Ob es dieselbe Species ist, von welcher die oben erwähnten Zweige

stammten, kann natürlich, so wahrscheinlich es auch ist, nicht mit Sicherheit gesagt werden.

Im mikroskopischen Bilde (Tafel II) tritt eine grosse Unregelmässigkeit der Korkschichten hervor, die besonders dadurch bedingt ist, dass das Gewebe nach aussen hin vielfach aufreisst, wodurch einerseits die borkenartigen Zerklüftungen, andererseits die feine Längsstreifung des makroskopischen Bildes der Aussenfläche ihre Erklärung finden. So kommt es, dass radiale und tangentiale Reihenbildung nur stellenweise deutlich hervortreten. Die Gestalt der Korkzellen auf dem Querschnitt ist länglich viereckig bis polygonal, ihre Wände sind glatt, von mittelmässiger Stärke, das Lumen, besonders gegen die Peripherie hin, häufig mit rothbraunen Massen gefüllt. An den Stellen tieferer Einrisse erscheinen mitunter dem Wundkork ähnliche Korkmassen.

Eine Eigenthümlichkeit dieses Korkes bilden ausserdem die fast nur an den Einrissstellen an der Peripherie in Schichten und grösseren Nestern auftretenden sklerotisirten Korkzellen. Sie sind von den gleichen Dimensionen wie die umgebenden Peridermelemente und durch grosse Regelmässigkeit der concentrischen Wandschichtung und der Porencanäle ausgezeichnet. Das Lumen dieser Steinzellen ist in der Regel leer, seltener mit braunem Inhalt gefüllt (siehe Tafel III, Figur 2).

Auch in dieser lediglich aus Kork bestehenden Droge konnte nun leicht Curarin nachgewiesen werden. Probeweise wurde zunächst eine kleine Menge gepulvert und mit Wasser ausgekocht. Das filtrirte gelbe Decoct erzeugte bei Fröschen eine rasche und starke Curarewirkung. Der Verdampfungsrückstand des Decoctes gab die charakteristische Vanadinschwefelsäurereaction. Weitere Versuche lehrten, dass eine vollständige Erschöpfung der Droge durch kochendes Wasser schwierig zu bewerkstelligen war und dass die Ausbeute an Curarin erheblich sich verbesserte, wenn die Droge mit durch Essigsäure oder Schwefelsäure angesäuertem Wasser extrahirt wurde.

Nachdem vollends constatirt war, dass der Kork kein Curin, d. h. keine durch Ammoniak aus wässriger Lösung fällbare und beim Ausschütteln in Aether übergehende Base enthielt, wurden behufs Darstellung einer zur Analyse hinreichenden Curarinmenge 66,0 g Rinde mit essigsaurem Wasser erschöpft, die Auszüge auf ein kleines

Volumen eingeengt, mit Alkohol versetzt, von den in Alkohol unlöslichen Antheilen abfiltrirt und hierauf durch weingeistige Sublimatlösung das Alkaloid abgeschieden. Aus dem Sublimatniederschlag durch Schwefelwasserstoff isolirt und in der mehrfach beschriebenen Weise gereinigt betrug die Ausbeute 1,0 g, was einem Curaringehalt der Rinde von höchstens *2,0%* entspricht. Das Präparat besass alle die Eigenschaften, wie sie oben für Calebassencurarin beschrieben worden sind, sowie auch dessen Wirkungsintensität.

Zum Zwecke der Analyse wurde das Platindoppelsalz dargestellt. Eine Neigung zur Reduction war an demselben durchaus nicht zu beobachten. Die Fällung geschah in drei Fractionen, von denen die dritte zur Analyse diente.

1. 0,2150 g gaben 0,0417 g = 19,39 % Pt
2. 0,2180 g » 0,3535 CO_2 = 0,0964 = 44,22 % C
 » 0,1127 H_2O = 0,0125 = 5,74 % H
3. 0,2473 g » 0,0133 = 5,38 % N.

Berechnet für

a) $[C_{19}H_{25}N_2OCl]_2PtCl_4$	b) $[C_{19}H_{25}N_2O_2Cl]_2PtCl_4$	c) $[C_{19}H_{27}N_2O_2Cl]_2PtCl_4$
C 45,54	C 44,12	C 43,96
H 4,99	H 4,84	H 5,25
N 5,59	N 5,43	N 5,39
Pt 19,40	Pt 18,80	Pt 18,73

Gefunden

C 44,22
H 5,74
N 5,38
Pt 19,39

Die Ergebnisse der vorstehenden Rindenuntersuchungen sind zwar in Folge der spärlichen Mengen des zu Gebote stehenden Materials nicht ausreichend, um die Chemie der Curarealkaloide weiter aufzuhellen, sie gestatten aber trotzdem einige nicht zu unterschätzende Schlussfolgerungen. Vor allem liefern sie den Beweis, dass, was bisher noch in keinem Falle nachzuweisen war,

das Korkgewebe der Sitz stark giftiger Alkaloide sein kann. Ob die Curarine sich ausschliesslich im Korke bilden und in den übrigen Theilen der Rinde fehlen, war mit dem vorliegenden Material nicht zu entscheiden; wohl aber liess sich in beiden Fällen feststellen, dass der Kork nur ein Curarin und kein Alkaloid der Curingruppe enthielt. Da nun, wie bereits mitgetheilt, das Calebassencurare neben Curarin nur sehr geringe Mengen eines Curin enthält, so wird man zu der Vermuthung geführt, dass bei der Fabrikation des curinarmen Curare nur der Korktheil der Rinden verwendet wird, dessen Curaringehalt, wie die Londoner Probe von Strychnos toxifera zeigt, völlig ausreichend ist, um die dem Calebassencurare durchschnittlich zukommende Wirkungsintensität hervorzubringen.

Eine weitere Aufklärung scheinen mir die Rindenuntersuchungen noch in folgendem Punkte zu geben.

Bei den mancherlei Zuthaten, welche die Giftköche ausser dem Hauptingrediens des Strychnosrindenauszuges dem Curare geben, wäre immerhin der Einwand möglich, dass gewisse Eigenschaften der von mir beschriebenen Curarine, so z. B. ihre stets gelbrothe Farbe, ihre Unfähigkeit zu krystallisiren u. s. w., auf ungenügender Reinheit beruhten, und dass eben durch die vielen heterogenen Zusätze die völlige Reinigung der Alkaloide zur Unmöglichkeit würde.

Nun haben ja allerdings die vorstehenden Mittheilungen auch gezeigt, dass, wo sie vorhanden sind, recht wohl auch krystallisirte Körper und krystallisirte Alkaloide sich aus dem Curare isoliren lassen. Die Rindenuntersuchungen aber zeigen direct, dass das Curarin, welches man aus den Rinden erhält, und dem bei dem sonst so geringen Gehalt des Korkgewebes an wasserlöslichen Bestandtheilen nicht viele andere Stoffe beigemengt sein können, dieselbe Färbung besitzt und sich auch sonst in nichts von den Körpern unterscheidet, welche durch mehr oder weniger langwierige chemische Operationen aus dem complexen Curare isolirt werden müssen. —

Eine dritte Strychnosrinde habe ich im Jahre 1892 durch gütige Vermittelung des Herrn A. Dastre von Herrn G. Planchon in Paris erhalten. Wie mir ersterer brieflich mittheilte, hatte sie Crevaux[1])

1) Näheres darüber, wie Crevaux am Maypure in den Besitz des betreffenden Strychnos gekommen ist, findet sich bei Le Janne (l. c. p. 9). Es muss besonders

von einer Reise am Orinoco mitgebracht. Die Rinde ist mit anderen Theilen der Pflanze (Blättern und Zweigen) bereits von G. Planchon genauer untersucht worden; er hält es für sehr wahrscheinlich, dass sie Strychnos toxifera Benth. angehört, weist indessen auch auf die nahe Verwandtschaft der Pflanze mit Strychnos Gubleri G. Planch. hin. Eine ganz sichere Diagnose war wegen Mangels der Blüthen nicht möglich.

Es standen mir ca. 200 g dieser Rinde in Form flacher, 2—3 mm dicker, äusserlich graubrauner, innerlich braungefärbter Bruchstücke zur Verfügung. Während die beiden im Vorausgehenden beschriebenen Curarerinden nur aus Kork bestanden, waren in dieser dritten alle dem normalen Rindenbau entsprechenden Gewebe: Kork, primäre und secundäre Rinde vorhanden.

Der etwa ein Drittel der ganzen Dicke einnehmende Kork (Tafel IV) besteht aus 75—80 regelmässigen Reihen dünnwandiger, braungefärbter Peridermzellen, die nirgends durch Zwischenlagerung sklerotisirter Elemente unterbrochen sind; gegen die primäre Rinde ist das Periderm durch eine scharfe Linie abgegrenzt, lässt sich aber auch nach längerer Maceration der Rinde in Wasser nur schwierig im Zusammenhang von dem übrigen Gewebe ablösen. Auf den Kork folgen 35—40 Reihen wenig tangential gestreckter Parenchymzellen, deren Mehrzahl Amylumkörner führt, während nur 4—5 in jeder radialen Reihe unregelmässig vertheilt gut ausgebildete Oxalatkrystalle enthalten. An dieses regelmässige Parenchym schliesst sich, ziemlich genau in der Mitte der Dicke der Rinde, ein continuirlicher Sklerenchymring, dessen Breite ein Zehntel des ganzen Dickendurchmessers beträgt; er ist am centralen und peripheren Rande von ansehnlich grossen Oxalatkrystallen umgeben. Das innerhalb des Steinzellenringes gelegene Gewebe, an Dicke mehr als ein Drittel der ganzen Rinde, zeigt im centralen secundären Abschnitt unregelmässige Markstrahlenentwicklung; sowohl Stärkekörner als Oxalatkrystalle sind hier spärlicher vorhanden als in der Nähe des Skleren-

betont werden, dass die Rinde hier nicht von einem Indianer-Giftkoch speciell zum Zwecke der Bereitung von Curare eingesammelt worden ist. Crevaux erhielt vielmehr die ganze Pflanze auf einer Excursion, wo sie ihm von einer Piaroa-Indianerin, der Tochter eines Giftkoches, als Hauptpflanze für das »starke Curare« gezeigt worden war.

chymringes, wo sich auch noch vereinzelte Nester von grossen Steinzellen finden.

Durch erschöpfende Digestion der Rinde mit Wasser auf dem Dampfbade wurden 9,5 % ihres Trockengewichts in Lösung gebracht, weitere 5—6 % können dann nachträglich noch durch längeres Digeriren mit essigsaurem Wasser extrahirt werden. Die braunen, bitter schmeckenden Extracte gaben ziemlich starke Alkaloidreactionen. Eine kleine Probe des wässrigen Auszuges, zur Trockne gebracht und auf Porzellan mit einem Tropfen Vanadinschwefelsäure befeuchtet, färbte sich intensiv violettroth. Erst 25 mg des wässrigen Extractes, das etwa vorhandenes Curarin enthalten musste, erzeugten bei einem Kaninchen von 1,18 kg Körpergewicht die Symptome der Curarewirkung, ohne es indessen zu tödten. Die tödtliche Dosis betrug gegen 30 mg des Extractes. Seine Wirkung war also ganz bedeutend schwächer als die des schlechtesten Curare. Aus den vorhandenen 200 g Rinde waren 20,0 g wässrigen Extractes zu gewinnen. Legt man das Ergebniss der Wirkungsproben einer beiläufigen Berechnung der im Extracte enthaltenen Curarinmenge zu Grunde, unter der Voraussetzung, dass 0,34 mg des reinen Curarins 1 kg Kaninchen tödten, so ergeben sich für die Gesammtmenge des Extractes nicht mehr als höchstens 0,25 g Curarin. Nach den anderweitig gemachten Erfahrungen musste der Versuch, so kleine Curarinmengen zu isoliren, von vornherein aussichtslos erscheinen.

Trotzdem hat die chemische Untersuchung dieser Rinde zu einem nicht unwichtigen Resultat geführt. Es konnten in ihr curinartige Basen nachgewiesen werden, und zwar solche, die in ihren Eigenschaften mit den in kleinen Mengen im Calebassencurare aufgefundenen übereinstimmten.

Der Nachweis eines Curarins im wässrigen Auszuge ist qualitativ geführt worden, ohne dass es natürlich möglich war, die volle Identität desselben mit dem Calebassencurarin festzustellen. Ich kann davon absehen, die hierauf bezüglichen Versuche ausführlich zu beschreiben.

Die curinartigen Stoffe werden dem wässrigen und essigsauren Auszuge der Rinde dadurch entzogen, dass man die mit Ammoniak im Ueberschuss versetzten wässrigen Lösungen der Extracte erschöpfend mit Aether ausschüttelt. Die ätherischen Flüssigkeiten

fluoresciren stark und hinterlassen rothbraune Massen, in denen das Alkaloid noch mit anderen Stoffen verunreinigt ist. Behandelt man sie mit verdünnter Schwefelsäure, so lassen sich hierbei ungelöst bleibende Verunreinigungen durch Filtration von der Alkaloidlösung trennen und aus dieser auf Zusatz von Ammoniak das Alkaloid wieder ausäthern. Nach dreimaliger Wiederholung dieses Verfahrens erhält man die Base als rothgelb gefärbten, spröden Lack, dessen Eigenschaften sich durch weitere Reinigungsversuche nicht mehr verändern.

Nach dem Zerreiben bildet das Alkaloid ein wenig hygroskopisches rothbraunes Pulver, das im Capillarröhrchen wenig über 100°C. unscharf schmilzt. Es ist in Wasser und Aether wenig, in Alkohol, Methylalkohol und verdünnten Säuren leicht und mit intensiver Fluorescenz löslich. Die wässrigen Lösungen der amorphen Salze geben auf Zusatz von Aetzammoniak im Ueberschusse des letzteren theilweise wieder lösliche fleischfarbene Niederschläge; auch die gebräuchlichen Alkaloidreagentien bewirken amorphe Fällungen; auf Zusatz von Platinchlorid tritt nach einiger Zeit, auf Zusatz von Goldchlorid sofort Reduction ein. Metaphosphorsäure verursacht einen voluminösen Niederschlag. Concentrirte Schwefelsäure färbt das trockne Pulver rothbraun, welche Färbung auf Zusatz einer Spur gepulverten Kaliumbichromats in prachtvoll dunkelviolett übergeht. Beim Befeuchten des Pulvers mit Vanadinschwefelsäure entsteht sofort eine schön blauviolette, ziemlich schnell in hellkirschroth übergehende Farbe. In concentrirter Salpetersäure lösen sich kleine Mengen des trocknen Alkaloids mit rosarother Farbe. Die Lösungen der Salze werden durch einen Tropfen Ferrichlorid dunkelpurpurroth gefärbt.

Da die geringe Menge des Materials zu einer gründlichen analytischen Untersuchung nicht ausreichte, musste ich mich auf die Feststellung der vorstehenden qualitativen Reactionen beschränken.

War schon aus den angegebenen Eigenschaften die Uebereinstimmung dieses Alkaloids mit dem aus Calebassencurare erhaltenen ersichtlich, so gab die pharmakologische Untersuchung weitere in demselben Sinne sprechende Resultate.

Bei Fröschen erzeugen Dosen von 2 mg an die charakteristische durch Lähmung der Nervenenden bedingte Curarewirkung.

1. Grosse Esculenta erhält um 1 h. 42′ 1,5 mg. — 12 h. 38′ Parese. 12 h. 50′ tolerirt Rückenlage; Athmung besteht noch. Das Thier erholt sich bis Nachmittags wieder, ohne dass es zur vollständigen Lähmung gekommen ist.

2. Mittelgrosse Esculenta erhält 12 h. 25′ 2 mg. — 12 h. 47′ vollständige Lähmung. Erst am dritten Tag beginnt allmähliche Erholung.

3. Mittelgrosse Esculenta erhält 11 h. 15′ 4 mg. — 11 h. 25′ vollständige Lähmung. Erst vom vierten Tage an schwinden die Lähmungserscheinungen allmählich.

Steigerung der Reflexerregbarkeit war in diesen Versuchen nicht nachweisbar.

Die Wirkung beim Kaninchen wird erst nach subcutaner Injection von mindestens 0,06 g deutlich. 0,08—0,09 g hatten mehrmals tödtliche Wirkung. Wie aus nachstehendem Protokoll ersichtlich, lässt hier die Entwicklung der reflexsteigernden Spinalwirkung an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig. Ein Kaninchen von 1,4 kg erhält 9 h. 52′ 0,04 g des schwefelsauren Alkaloidsalzes subcutan. Nachdem nach ½ h. keine Wirkung eingetreten war, wurde eine zweite Dosis von 0,04 g injicirt. In der zweiten Stunde entwickelt sich allmählich ein Zustand von vermehrter Reflexerregbarkeit, zeitweilig bis zu leichten Krämpfen sich steigernd. 12 h. 15′ bricht in Folge eines Geräusches ein mehrere Minuten andauernder starker Tetanusanfall auf, nach welchem das Thier erschöpft auf der Seite liegen bleibt. Die nach einiger Zeit sich wieder einstellenden willkürlichen Bewegungen sind unbeholfen wie bei beginnender Curarewirkung. Später traten noch zu wiederholten Malen reflectorische Krämpfe auf.

Dosen von 0,1 g und darüber wichen ihrer Wirkung nach in nichts von der gewöhnlichen Curarewirkung ab; es entwickelt sich eine mehr oder weniger rasch zum Tode führende Lähmung.

Es findet sich also auch bei dem aus der Rinde dargestellten Curin die Vereinigung der spinalen mit der peripherischen Nervenendwirkung, wie sie dem Strychnin, Brucin und auch dem Curarin zukommt.

Es war noch dem Einwand zu begegnen, dass das aus der Rinde isolirte Alkaloid mit Curarin verunreinigt sein und einem geringen Gehalte an diesem stark wirkenden Alkaloid seine lähmende

Wirkung verdanken konnte. Ich behandelte deshalb eine Portion trocknen Rindencurins wiederholt mit wasserfreiem Aether, bis etwa die Hälfte in ätherische Lösung übergeführt war. Die Wirkung des in Aether gelösten wurde hierauf mit der des ungelöst gebliebenen Antheils verglichen. Wäre Curarin zugegen gewesen, das in Aether unlöslich ist, so hätte der in Aether ungelöst gebliebene Theil intensiver lähmend wirken müssen als der gelöste. Der Versuch ergab aber sowohl bei Fröschen als bei Kaninchen die gleiche Wirkungsintensität beider Antheile und eine Beimengung von Curarin in dem curinartigen Alkaloid war sonach nicht anzunehmen. Da aber, wie oben (S. 47) angegeben, das wässrige Extract der Rinde schon zu 0,03 g Kaninchen tödtete, das durch Aetherausschüttelung daraus isolirte Alkaloid aber erst zu 0,08—0,1 letal wirkt, so kann auch hieraus auf die Anwesenheit eines stark wirkenden Curarins neben einem schwach wirkenden Curin geschlossen werden.

Das im I. Theil beschriebene Curin ist eine krystallisirbare, wohlcharakterisirbare Base. Es kann Befremden erregen, dass ich wiederholt Substanzen, die von diesem Curin äusserlich sehr verschieden sind, mit der gleichen Bezeichnung wie mit einem Gattungsnamen belegt habe. Dieser Terminologie liegt die Annahme zu Grunde, dass sich Curine und Curarine wie tertiäre quaternären Basen gegenüberstehen und dass natürlich dann verschiedenen Curarinen auch verschiedene Curine entsprechen werden.

Für Curin und Tubocurarin konnte der Nachweis dieses Verhältnisses wenn auch nicht mit voller Beweiskraft, so doch bis zu einer grossen Wahrscheinlichkeit geführt werden. Hinsichtlich des Rindencurins bin ich in der Lage, wenigstens eine Beobachtung beibringen zu können, die meine Hypothese zu stützen vermag.

Wenn das Rindencurin eine tertiäre Base wie das Curin ist, so muss es gelingen, es durch Behandlung mit Jodalkyl in eine quaternäre überzuführen. Die letztere muss dann ferner, wenn sie in näherer Beziehung zum natürlichen Curarin steht, diesem in ihren Eigenschaften und besonders in der Intensität ihrer Wirkung gleichkommen. Das Resultat des Versuchs entsprach in der That in befriedigender Weise den gemachten Voraussetzungen.

Einige Decigramme Rindencurin wurden in methylalkoholischer Lösung mit einem Ueberschuss von Jodmethyl auf dem Dampfbade

am Rückflusskühler eine Stunde lang erwärmt. Es schieden sich bald in Methylalkohol schwerlösliche, undeutlich krystallinische Körner aus. Das vom überschüssigen Jodmethyl befreite Reactionsproduct löste ich in Methylalkohol und fällte die Lösung mit Aether. Der auf einem Filter gesammelte und über Schwefelsäure getrocknete Niederschlag glich völlig dem Curarinjodid, löste sich leicht in warmem Wasser und gab im Uebrigen alle Reactionen des Curarins.

0,5 mg (0,34 mg pro 1 kg) tödteten ein Kaninchen von 1,5 kg nach 17 Minuten; bei einem zweiten Versuche wirkten 0,5 mg (0,31 mg pro 1 kg) tödtlich auf ein Kaninchen von 1,62 kg nach 30 Minuten. Frösche wurden durch 0,01—0,02 mg gelähmt.

Das Ausgangsmaterial, das Rindencurin, war für Kaninchen zu mindestens 0,08 g pro kg tödtlich, so dass also durch die Methylirung die Wirksamkeit um das **266fache** gesteigert worden war und derjenigen des natürlichen Curarins gleichkam.

Die tertiäre Natur des Rindencurins kann sonach als sichergestellt angesehen werden, sowie auch die Thatsache, dass dieses Curin durch Ueberführung in das entsprechende Methylammoniumjodid die Eigenschaften und die Giftigkeit des natürlichen Curarins annimmt. Das Resultat des Versuchs ist conform demjenigen, das im I. Theil vom Curin des Tubocurare mitgetheilt worden ist. Auch dort entsprach die Wirkungsintensität der künstlich dargestellten Ammoniumbase derjenigen des natürlichen Tubocurarins.

Berücksichtigt man ferner, dass die beiden Curarerinden, die lediglich aus Korkgewebe bestanden, viel Curarin enthielten und ein Curin in ihnen wenigstens nicht nachzuweisen war, dass dagegen die dritte curarinarme aus dem completen Rindengewebe bestand, von welchem sich der Kork im Zusammenhang nicht ablösen liess, so gewinnen folgende weitere Annahmen einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit.

Die Curarine entstehen offenbar in reichlicher Menge nur in einer bestimmten Vegetationsperiode der Pflanze im Stoffwechsel der Rinde und häufen sich im Korkgewebe an. Die Muttersubstanzen dafür dürften die im übrigen Rindengewebe aufgespeicherten tertiären Curine abgeben. Die Giftköche im Bezirke des Calebassencurare entnehmen wohl, wie es auch aus Schomburgk's Erzählung hervorgeht, den Kork der Pflanze zur Zeit des stärksten Safttriebes, wo er

sich wahrscheinlich leicht von seinem Cambium ablöst. So würde sich der geringe Gehalt des Calebassencurare an Curinen erklären, während möglicherweise bei der Bereitung der anderen Curaresorten, die mehr oder weniger reich an Curinen sind, die ganze Rinde zur Verwendung kommt.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Curare-Calebasse, uneröffnet.

Fig. 2. Töpfchen mit »Turiri« (siehe Text) bedeckt. (Pebas-Indianer.)

Fig. 3. Kleines Töpfchen (Inhalt bestand aus nur 6,0 g sehr stark wirkenden Curares). Das Töpfchen war mittels zweier gekreuzter Bastbänder und Schnur an dem Pfeilköcher befestigt.

Fig. 4. Curarerinde vom Rio Purrus (Sammlung Dr. Ehrenreich): a) Aussenseite, b) Innenseite.

Tafel II.

Querschnitt durch die Curarerinde vom Rio Purrus. Vergrösserung 65. Korkgewebe.

Tafel III.

Fig. 1. Kork von Strychnos toxifera (Curarerinde mit 7 % Curarin). Längsschnitt. Vergrösserung 230.

Fig. 2. Curarerinde vom Rio Purrus. Partie des peripherischen, sklerotischen Korkgewebes. Querschnitt. Vergrösserung 200.

Tafel IV.

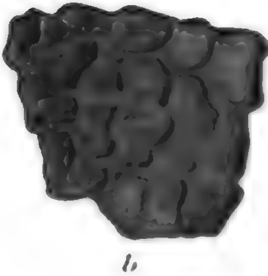
Strychnosrinde (Strychnos toxifera Benth. oder Str. Gubleri Planch.?). Querschnitt durch die ganze Rinde. Vergrösserung 80.

Inhaltsverzeichniss.

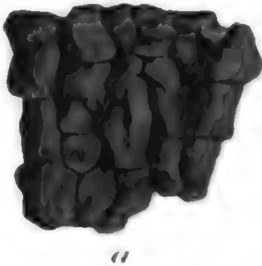
Fig. 2.



Fig. 4.



b



a

Fig. 1.



Fig. 3.





Fig. 1.

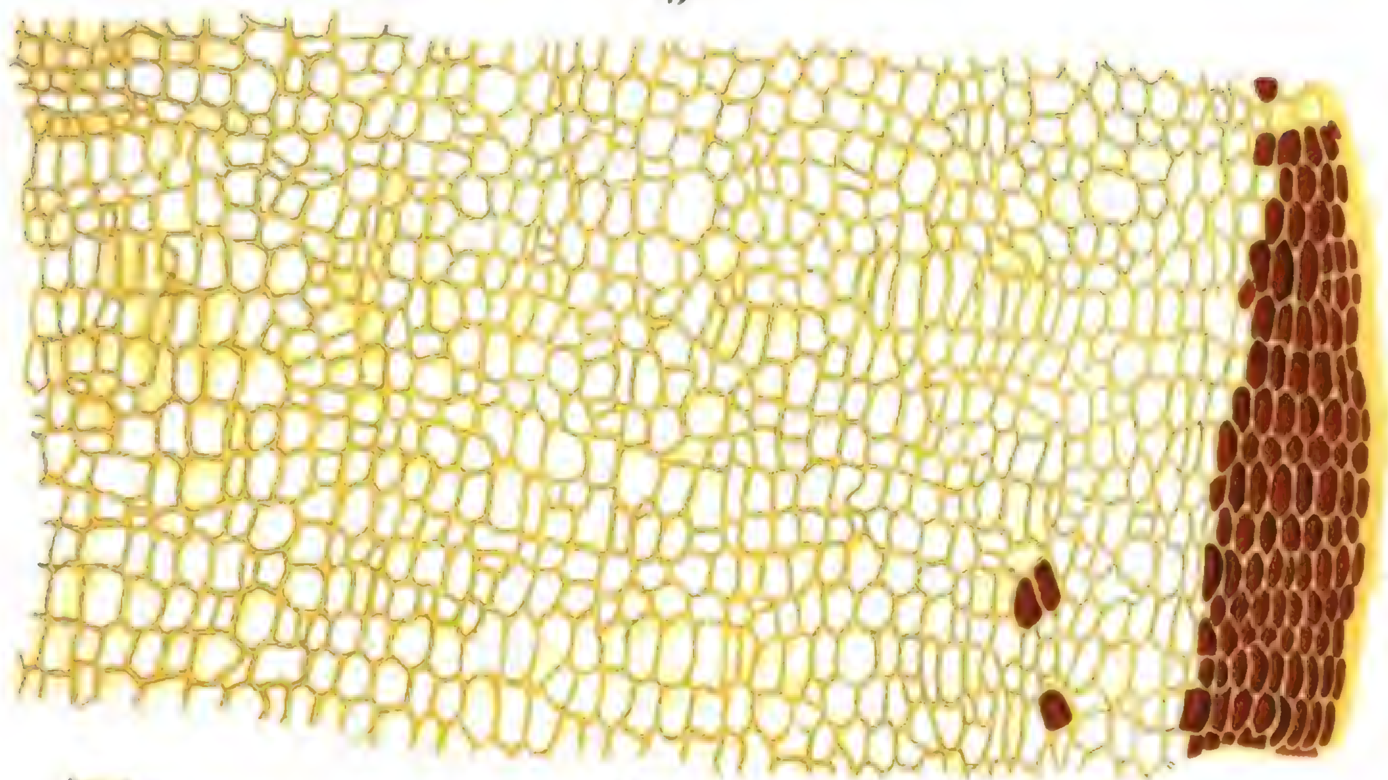


Fig. 2.


1/80

DIE GEOMETRISCH-OPTISCHEN TÄUSCHUNGEN

VON

WILHELM WUNDT,

ORD. MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

Des XXIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

Nº II.

MIT 65 TEXTFIGUREN.

LEIPZIG

BEI B. G. TEUBNER.

1898.

Das Manuscript eingeliefert am 25. October 1897.
Der Abdruck vollendet am 30. December 1897.

DIE GEOMETRISCH-OPTISCHEN TÄUSCHUNGEN

VON

WILHELM WUNDT,
ORD. MITGLIEDE DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

MIT 65 TEXTFIGUREN.

§ 1. Methodologische Vorbemerkungen.

Der Name »geometrisch-optische Täuschungen«, der von dem Entdecker vieler dieser Erscheinungen, von J. Oppel[1]), zuerst eingeführt wurde, lässt die Natur dieser Classe optischer Täuschungen gänzlich dahingestellt. Auch kann man gegen ihn einwenden, dass er kein überall zutreffendes Merkmal herausgreife, wenn er die Construction geometrischer Figuren als dasjenige Verfahren bezeichnet, das zur Entdeckung solcher Täuschungen Anlass gibt. Denn in Wahrheit handelt es sich hier um Fehler in der Auffassung räumlicher Strecken, Richtungen und Richtungsunterschiede, die an ganz beliebigen Objecten hervortreten können. Gleichwohl hat jener Name in doppelter Hinsicht eine gewisse Berechtigung. Erstens bieten überall geometrische Figuren die einfachsten Beispiele dar, an denen sich die verschiedenen Fälle dieser Täuschungen nachweisen lassen; und zweitens enthält der Ausdruck, indem er bloss auf dies einfachste Hülfsmittel ihrer Auffindung hinweist, schlechterdings gar keine Voraussetzung über ihre Entstehungsweise. Der Bezeichnung »geometrisch-optische Täuschungen« kann sich Jeder bedienen, wie er auch immer über diese Erscheinungen denken mag, während Ausdrücke wie »Augenmuskeltäuschungen«, »Confluxions- und Contrasttäuschungen«, »ästhetisch-mechanische Täuschungen« oder selbst der scheinbar indifferenteste, der gebraucht worden ist, »optische Urtheilstäuschungen«, jedesmal Hypothesen in sich schliessen, die mehr oder minder bestreitbar sind.

Zur Zeit als Oppel seine Beobachtungen anstellte und vielfach noch späterhin begnügte man sich in der Regel, solche Thatsachen

1) Jahresbericht des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M., 1854—55, S. 37, 1856—57, S. 47 und 1860—61, S. 26 ff.

als Abnormitäten des Sehens zu betrachten, die durch irgend welche Irreleitungen des Urtheils entstanden, oder deren Ursachen auch ganz unbekannt seien[1]. Dazu mangelte es den Beobachtungen selbst an Zusammenhang. Wie die einzelnen Erscheinungen meist zufällig und unabhängig von einander von verschiedenen Beobachtern gefunden waren, so suchte man auch höchstens für einzelne Täuschungen irgend eine plausible Hypothese aufzufinden. An Versuchen, das ganze Gebiet systematisch unter theoretische Gesichtspunkte zu ordnen, fehlte es jedoch. Diesem Mangel hat nun die heutige physiologische Psychologie reichlich, fast könnte man sagen allzu reichlich, abgeholfen. Denn so werthvoll auch die Nachlese interessanter Beobachtungen ist, die wir namentlich F. C. MÜLLER-LYER[2] verdanken, und so sehr die Arbeit von A. THIÉRY[3] wegen des in ihr unternommenen Versuchs, bisher übersehene Beziehungen zwischen verschiedenen Täuschungen nachzuweisen, Beachtung verdient, so hat doch im ganzen die theoretische Discussion allmählich ein starkes Uebergewicht erlangt. Hierin verräth sich zweifellos eine wachsende Erkenntniss der Bedeutung, die diesen Erscheinungen für das Problem der Entstehung räumlicher Gesichtswahrnehmungen zukommt. Dabei ist aber freilich auch nicht zu verkennen, dass jene theoretischen Erörterungen zugleich von dem argen Zwiespalt der Meinungen, der auf psychologischem und psychophysiologischem Gebiete heute noch immer herrscht, ein nicht gerade erfreuliches Zeugniss ablegen. Aus diesem Grunde scheint es mir zweckmässig, auf eine kritische Prüfung der vorhandenen Theorien, abgesehen von einzelnen Fällen, wo besondere Umstände dazu herausfordern, bei der Untersuchung der verschiedenen Formen geometrisch-optischer Täuschungen zu verzichten, um lediglich an der Hand der Thatsachen selbst die Bedingungen zu ermitteln, von denen sie abhängen. Dieser so voraussetzungslos wie möglich geführten Untersuchung soll dann aber am Schlusse eine kurze kritische Uebersicht der hauptsächlichsten bisherigen Interpretationsversuche, so weit

1) Vgl. z. B. die Aeusserungen von AUBERT, Physiologie der Netzhaut, 1865, S. 267 ff.

2) DU BOIS-REYMOND's Archiv, 1889, Suppl. S. 263; Zeitschr. für Psychologie und Physiol. der Sinnesorgane, IX, 1896, S. 1, X, 1896, S. 421 ff.

3) Philosophische Studien, herausgeg. von W. WUNDT, XI, 1895, S. 307, 603, XII, 1896, S. 67 ff.

sie sich nicht bloss auf singuläre Erscheinungen beschränken, nachfolgen.

Wenn ich mich einer in theoretischer Beziehung möglichst voraussetzungslosen Betrachtung der Erscheinungen befleissigen möchte, so soll nun aber damit nicht gesagt sein, dass sich die folgende Untersuchung auch derjenigen logischen Voraussetzungen entäussern werde, die für eine geordnete Lösung der Probleme erspriesslich scheinen. Die drei vornehmsten methodologischen Regeln, deren ich mich in diesem Sinne bedienen will, sind die folgenden:

1. Wenn bei einer Täuschung mehrere Trugmotive zusammenwirken, so ist, damit der Antheil eines jeden unter diesen Motiven ermessen werden könne, die Figur, an der die Täuschung wahrgenommen wird, wo möglich in einfachere Figuren zu zerlegen, an deren jeder nur eines jener Motive wirksam sein kann.

2. Wenn eine Täuschung aus zwei verschiedenen Trugmotiven erklärt werden kann, so ist die Figur, welche die Täuschung darbietet, derart zu variiren, dass eines der möglichen Motive hinwegfällt. Aus dem Bestehenbleiben, dem Verschwinden oder der Verminderung der Täuschung kann dann auf das entscheidende Motiv oder eventuell, wenn eine Complication der Motive stattfindet, auf den Antheil der einzelnen an der Täuschung geschlossen werden. Insbesondere dient dieses Princip der Variirung auch dazu, die primären Trugmotive von den secundären, die selbst erst als Folgen jener anzusehen sind, zu unterscheiden.

3. Von besonderem Werthe für die Ermittelung der subjectiven Bedingungen der Täuschungen ist die Aufsuchung umkehrbarer Täuschungen. Wenn die Umkehrung einer Täuschung eintritt, während die objectiven Eigenschaften der Figuren unverändert bleiben so sind durch die Feststellung der am vorstellenden Subjecte vor sich gehenden Veränderungen zunächst die Bedingungen der Umkehrung und aus diesen die der Täuschung selbst zu erschliessen.

Diesen allgemeinen Regeln kann noch die folgende heuristische Maxime beigefügt werden:

Wenn bei irgend einer Erscheinung im Gebiete der Sinneswahrnehmungen physiologische und psychologische Bedingungen zusammenwirken, so sind im allgemeinen, sofern nicht besondere Gründe im

Wege stehen, die physiologischen Bedingungen als die primären vorauszusetzen.

Erwägt man, dass anatomische Structur und physiologische Function die psychischen Leistungen der Sinnesorgane überhaupt erst möglich machen, so wird man ohne weiteres die allgemeine Richtigkeit dieses Princips anerkennen. Der Annahme, dass dieselbe Abhängigkeit, die sich für die allgemeinsten Functionsverhältnisse bewährt, auch für die besonderen Eigenschaften und Richtungen der Functionen in gewissem Masse gültig sein werde, wird man daher von vornherein Wahrscheinlichkeit zugestehen müssen, wenn auch selbstverständlich dadurch die Untersuchung nicht der Pflicht enthoben wird, hierfür in jedem einzelnen Fall den empirischen Nachweis zu erbringen. Ebenso braucht kaum besonders bemerkt zu werden, dass sich dieses Verhältniss der physiologischen zu den psychologischen Factoren der Erscheinungen zunächst nur auf die Functionen des entwickelten Organismus bezieht, und dass daher die Annahme einer Rückwirkung der psychischen Leistungen auf die physische Organisation bei der ursprünglichen Entwicklung lebender Wesen dadurch nicht ausgeschlossen wird.

Die Anwendung der obigen Regeln gestaltet sich nun im allgemeinen so, dass die beiden ersten meist miteinander combinirt werden müssen, während die dritte insofern eine abweichende Stellung einnimmt, als sie eine bestimmte Classe von Täuschungen ausschliesslich beherrscht. Hierdurch bieten diese Täuschungen, die wir, weil sie stets in bestimmten perspectivischen Vorstellungen bestehen, die »umkehrbaren perspectivischen Täuschungen« nennen können, die günstigsten Chancen für die Auffindung gewisser Trugmotive dar. Ihre Analyse soll daher an den Anfang dieser Untersuchung gestellt werden.

§ 2. Umkehrbare perspectivische Täuschungen.

Die Classe der umkehrbaren Täuschungen überhaupt umfasst ausschliesslich Erscheinungen, bei denen in der Ebene gezeichnete Figuren zu perspectivischen Vorstellungen Anlass geben. Aus der Fülle der geometrisch-optischen Täuschungen, bei denen die perspectivische Projection eines Bildes, also die Tiefenvorstellung in

irgend einer Form, eine Rolle spielt, sondern sich aber die umkehrbaren Täuschungen als diejenigen perspectivischen Vorstellungen ebener Figuren aus, bei denen die perspectivische Projection des Bildes jedesmal in doppeltem Sinne stattfinden kann, während zugleich die eine Form des perspectivischen Bildes die Umkehrung der andern Form ist.

Für alle diese umkehrbaren Täuschungen gilt die Regel, dass man sich, um sie deutlich wahrzunehmen, des monocularen Sehens zu bedienen hat. Bei binocularer Betrachtung drängt sich die ebene Beschaffenheit der Figuren meist allzu deutlich der Wahrnehmung auf. Die nämliche Vorschrift gilt aus dem gleichen Grunde für alle andern noch zu erwähnenden perspectivischen Täuschungen, auch für diejenigen, die eine Umkehrung nicht zulassen[1]).

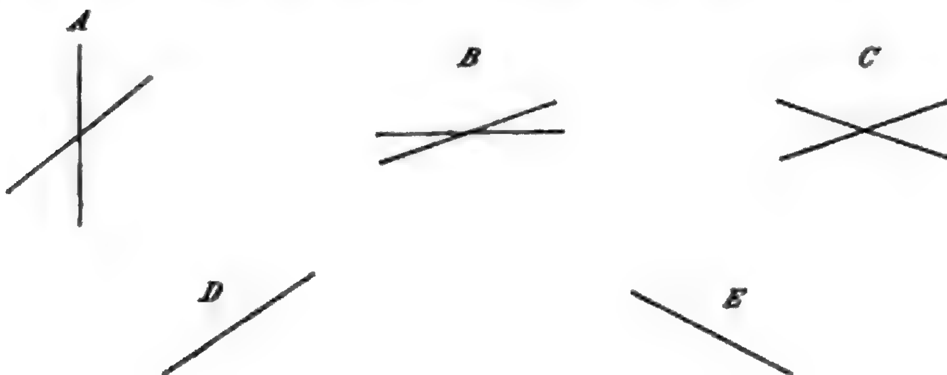


Fig. 1.

Die einfachsten Fälle umkehrbarer Täuschungen sind die folgenden. Zeichnet man eine verticale oder eine horizontale gerade Linie, so erzeugen diese niemals eine irgend merkliche perspectivische Vorstellung. Lässt man aber, wie in *A* und *B* Fig. 1, diese Geraden

1) In Folge einer vor einigen Jahren eingetretenen Erblindung der centralen Theile der Netzhaut meines rechten Auges bin ich selbst überhaupt auf monoculare Beobachtungen angewiesen, ein Mangel, der, so schwer ich ihn sonst empfinde, in diesem Falle vielleicht von einigem Vortheil war. Das negative Skotom meines rechten Auges hat einen Umfang von 10—12° rings um das Netzhautcentrum. Das linke Auge, dessen ich mich demnach allein zum deutlichen Sehen bedienen kann, ist, abgesehen von einer ziemlich hochgradigen Myopie von etwa 8 Dioptrien und einem geringradigen regulären Astigmatismus, unverändert. Ich habe bei den Beobachtungen eine Brille benützt, welche die Myopie partiell, den Astigmatismus vollständig compensirte (sphär. — $\frac{1}{8}$, cyl. — $\frac{1}{30}$ hor. nach alter Bezeichnung).

durch eine andere schief liegende schneiden, so wird nun eine solche schräge Gerade leicht perspectivisch gesehen, und zugleich bietet jedes der Bilder *A* und *B* den Fall einer umkehrbaren Täuschung: entweder wird der unten liegende Schenkel der schrägen Geraden nach vorn von der Ebene der Verticalen oder Horizontalen und der oben liegende Schenkel hinter dieser Ebene in den Raum sich erstreckend gesehen, oder es wird umgekehrt der obere Schenkel vorn und der untere hinten gesehen. Nicht selten wechselt während der Betrachtung die eine Vorstellung mit der andern.

Denselben Effect können auch zwei einander durchkreuzende schräge Linien, wie die in *C* gezeichneten, hervorbringen. Dabei erstreckt sich dann aber stets die perspectivische Vorstellung auf beide Linien zugleich: entweder erscheinen also die beiden unteren Schenkel in dem Raum vor dem Durchkreuzungspunkt, die beiden oberen in dem Raum hinter demselben, oder es liegen umgekehrt jene vorn und diese hinten. Doch treten in diesem Fall die beiden perspectivischen Vorstellungen etwas weniger leicht auf, als in den Fällen *A* und *B*, wo die Beziehung zu der immer in der Ebene der Zeichnung vorgestellten verticalen oder horizontalen Geraden eine sicherere Orientirung für die Tiefenprojection zu bieten scheint als die blosse Beziehung auf einen Punkt. Ueberdies ist in *C* die Projection insofern eine verwickeltere, als sie sich immer gleichzeitig auf zwei Gerade, also auf die ganze durch diese Geraden bestimmte Ebene, nicht bloss auf die Richtung einer einzigen geraden Linie bezieht. Mit dem ersten dieser Momente, mit der Orientirung nach einer in der Ebene der Zeichnung gedachten verticalen oder horizontalen Geraden oder mindestens nach einem in ihr gedachten Punkte, hängt es wohl auch zusammen, dass die Neigung zur perspectivischen Vorstellung noch geringer wird, wenn man bloss, wie in *D* und *E*, in irgend einer Richtung eine schräge Linie zieht. Immerhin kann auch diese noch perspectivisch gesehen werden, und auch hier bleibt die Täuschung eine umkehrbare: entweder erscheint das untere Ende der Linie dem Beschauer zugekehrt, das obere von ihm weggewandt; oder es kann das Umgekehrte eintreten. Allerdings ist in diesem Fall noch deutlicher als bei den Figuren *A*, *B* und *C*, in denen sie auch schon zu bemerken ist, die Tendenz vorwiegend, die nach unten gekehrten Theile der Linie als die dem Beschauer näher

liegenden zu sehen, so dass es einigermassen schwer wird, die entgegengesetzte Projection zu Stande zu bringen.

HERING bemerkt bei seiner Besprechung der an *A*, *B* und *C* der Fig. 1 und an andern ähnlichen Figuren zu beobachtenden umkehrbaren Täuschungen, es hänge »theils von der Willkür, theils von der mehr oder minder grossen Wahrscheinlichkeit, oft auch von unberechenbaren Zufälligkeiten ab, welche Art des Sehens eintritt«[1]. In ähnlicher Weise werden von andern Beobachtern, die sich über diese Erscheinungen äussern, solche Umkehrungen eines scheinbaren Reliefs als Veränderungen der Vorstellungen betrachtet, die lediglich von willkürlichen oder zufälligen Schwankungen der »Einbildungskunst« abhängen[2]. Insofern dabei auch der Einfluss des Willens auf die Einbildungskraft als ein im wissenschaftlichen Sinne zufälliges Ereigniss gilt, läuft diese psychologische Erklärung im wesentlichen darauf hinaus, dass sie zwar für das Eintreten derartiger Veränderungen der Vorstellungen im allgemeinen das übrigens nicht näher definirte Vermögen der sogenannten Einbildungskraft in Rechnung bringt, dass sie aber die Veränderungen im einzelnen als ein jeder Nachweisung der Bedingungen sich entziehendes zufälliges Geschehen ansieht.

Prüft man jedoch die Erscheinungen genauer, indem man dabei von der oben speciell für die umkehrbaren Täuschungen aufgestellten Regel Gebrauch macht, so findet sich diese psychologische Zufallstheorie durchaus nicht bestätigt. Vielmehr zeigt sich sofort, dass die Umkehrungen der Perspective weder zufällig erfolgen, noch dass sich bei ihnen psychologische Ursachen, wie sie in den unbestimmten Vermögensbegriffen der »Einbildungskraft« oder des »Willens« angedeutet werden, als die primär wirksamen erweisen. Was dagegen in jedem einzelnen Fall die Form der perspectivischen Vor-

---

1) HERING, Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges, in HERMANN's Handbuch der Physiologie, III, 1, 1879, S. 580.

2) Vgl. z. B. WHEATSTONE, Poggendorff's Annalen, Ergänzungsband I, 1842, S. 25f. HELMHOLTZ, Physiol. Optik[2], 1896, S. 771. Freilich hat schon NECKER gemeint, für solche Inversionen müsse ein physiologischer Grund existiren, weil er dabei stets Empfindungen im Auge wahrnahm (Pogg. Ann. XXVII, S. 502, 1833). Er suchte aber diesen Grund in der Accommodation, eine Annahme, die dann von WHEATSTONE a. a. O. widerlegt wurde.

stellung unweigerlich und eindeutig bestimmt, sind die Stellungen und Bewegungen des Auges. Fixirt man den unteren Endpunkt der schrägen Linie in Fig. *A* und *B*, oder bewegt man das Auge von diesem Endpunkt aus über die Linie hin, so erscheint dieser untere Endpunkt dem Beschauer zugekehrt; fixirt man umgekehrt den oberen Endpunkt der nämlichen Linie, oder verfolgt das Auge von ihm aus die Linie, so erscheint der obere Endpunkt nach vorn gekehrt. Aehnlich bei allen andern Figuren: jedesmal wird derjenige Theil einer schrägen geraden Linie als der dem Beschauer nähere gesehen, den das Auge von Anfang an fixirt, oder von dem aus es seine fixirende Verfolgung der Linie beginnt. Zugleich macht sich dabei übrigens als vorwaltende Neigung die geltend, eine im Raum schräg gezeichnete Gerade von unten nach oben, nicht von oben nach unten fixirend zu verfolgen. Hierdurch erklärt sich ohne weiteres die Thatsache, dass bei ungezwungener Betrachtung solcher Figuren unter den beiden perspectivischen Vorstellungen diejenige, bei der die nach unten gerichteten Schenkel der Schrägen dem Beschauer zugekehrt sind, am häufigsten vorkommen. Doch kann man jederzeit den entgegengesetzten Erfolg erzielen, wenn man absichtlich die entgegengesetzte Fixationsweise wählt; und ebenso macht es unsere willkürliche Beherrschung der Augenbewegungen leicht möglich, sowohl eine bestimmte Richtung der perspectivischen Vorstellung, wie eine bestimmte Umkehrung derselben willkürlich herbeizuführen. Niemals ist dies aber durch eine rein psychische Einwirkung auf die sogenannte Einbildungskraft oder durch eine bloss psychische Willensanstrengung ausführbar. Man mag z. B., wenn man bei der Fixation des unteren Endes der Schrägen dieses nach vorn gekehrt sieht, noch so sehr bemüht sein, das Erinnerungsbild der entgegengesetzten perspectivischen Vorstellung in das Bewusstsein zu rufen, so lange man nicht den Fixirpunkt und die Bewegung des Auges ändert, bleibt auch die Vorstellung ungeändert. Allerdings bemerkt man aber, dass jeder solche Versuch, einen Vorstellungswechsel herbeizuführen, sich sehr leicht unwillkürlich mit der entsprechenden Aenderung der Fixationsweise verbindet, welche letztere dann sofort von der zugehörigen Vorstellungsänderung gefolgt ist. Dieser Umstand mag wohl jene Annahme einer directen Einwirkung der Einbildungskraft oder des Willens auf die Vorstellungen veranlasst haben. Bei dieser Annahme

hat man aber offenbar eine entferntere psychologische Bedingung mit der directen physiologischen Ursache der Erscheinung verwechselt.

Eine naheliegende Modification der in Fig. 1 zu beobachtenden Richtungstäuschungen bietet die umkehrbare körperliche Täuschung der Fig. 2 dar. Entweder kann man, und dies ist das gewöhnliche, die Kante *be* convex, dem Beschauer zugekehrt sehen; oder diese Kante kann concav erscheinen, sodass die Linien *ad* und *cf*, die im vorigen Fall ferner als *be* waren, nun dem Beschauer näher liegen. Auch hier lässt sich leicht bestätigen, dass der Vorstellungswechsel unmittelbar nur von den Vorstellungen und Bewegungen des Auges abhängt. Fixirt man starr irgend einen Punkt der Linie *be*, oder bewegt man das Auge fixirend in einer der Richtungen *bc* oder *ba*, *ef* oder *ed*, so erscheint die Kante convex. Fixirt man dagegen irgend einen Punkt der Linien *ad* oder *cf*, oder bewegt man das Auge in einer der Richtungen *cb*, *ab*, *fe*, *de*, so erscheint die Kante concav. In beiden Fällen ist man in Folge der perspectivischen Auffassung der schrägen Linien geneigt, die beiden Parallelogramme *abdc* und *bcef* als Rechtecke anzusehen, ähnlich wie man schon in Fig. 1 geneigt ist, die Winkel, unter denen in *A*, *B* und *C* die Schrägen sich schneiden, als perspectivische Projectionen rechter Winkel aufzufassen.

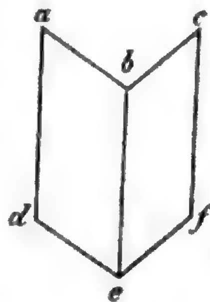


Fig. 2.

In Versuchen, die J. Loeb[1]) mit der Fig. 2 ausgeführt hat, ist dieser Beobachter bereits zu dem Ergebnisse gelangt, dass die Form der perspectivischen Täuschung und ihre Umkehrung keineswegs bloss zufällige oder auf rein psychologischen Motiven beruhende Erscheinungen seien. Er fand nämlich, dass die Zeichnung in der Regel convex erschien, dass sie sich aber in das concave Bild verwandelte, wenn sie mit zunehmender Geschwindigkeit vom Beobachter entfernt wurde, während die Umkehrung in das convexe Bild wiederum eintrat, wenn sie ebenso dem Beschauer genähert wurde. Die nämlichen Effecte entstanden, wenn man eine Bleistiftspitze zwischen dem Beobachter und der Zeichnung bewegte: die Bewegung der

1) J. Loeb, Ueber die optische Inversion ebener Linearzeichnungen bei einäugiger Betrachtung. Pflüger's Archiv, XL, 1887, S. 274 ff.

Spitze vom Auge zur Zeichnung liess diese concav, die Bewegung von der Zeichnung zum Auge liess sie convex erscheinen. Diese Beobachtungen, die leicht zu bestätigen sind, ordnen sich ohne weiteres dem an den Zeichnungen der Fig. 1 nachgewiesenen Einfluss der Bewegungen des Auges unter. Entfernt man, wenn etwa zunächst die Kante *be* fixirt wurde, die Fig. 2 zureichend schnell von dem Beschauer, so wird dadurch das Auge zu einer Bewegung in den Richtungen *ab* oder *cb* genöthigt: solche Bewegungen lassen aber, wie wir gesehen haben, *b* ferner erscheinen als *a* und *c*. Rückt man dagegen die Zeichnung näher an das Auge, so wird nun dieses zur umgekehrten Verfolgung der Fixationslinien in Richtungen wie *ba*, *bc* gezwungen, sodass jetzt *b* näher als *a* und *c*, die Kante *be* also convex erscheint. Den Beweis, dass dabei nicht die Bewegung der Zeichnung als solche, sondern nur ihr Einfluss auf die Bewegung des Auges wirksam ist, liefert eigentlich schon der Versuch mit der Bleistiftspitze. Die Bewegungen dieser Spitze lenken unmittelbar die Augenbewegungen in dem jedesmal die Richtung der Inversion bestimmenden Sinne. Wenn die Spitze von der Linie *be* weg dem Beobachter genähert wird, so muss sich dabei das Auge in einer der Richtungen *ba* oder *bc* bewegen; und umgekehrt, wenn sie der Zeichnung so genähert wird, dass sie schliesslich mit *be* zusammenfällt, so muss das Auge Richtungen wie *ab* oder *cb* einschlagen. Jenes ist aber die zur Entstehung eines convexen, dieses die zur Entstehung eines concaven Reliefs erforderliche Augenbewegung. Damit, dass diese Bewegungen der Zeichnung selbst oder eines zwischen ihr und dem Auge befindlichen Fixationsobjectes nur als Hülfsmittel für die Erzeugung der entsprechenden Augenbewegungen wirksam sind, stimmt dann zugleich die Thatsache überein, die auch LOEB beobachtete: dass nämlich die Inversionen der Figur nicht mehr eintreten, wenn die Geschwindigkeit der Bewegungen unter eine gewisse Grenze sinkt. Bei allzu langsamer Bewegung hält das Auge den in der Zeichnung gewählten Fixationspunkt fest, und indem so die Bewegungen längs der Conturen der Zeichnung hinwegfallen, verschwindet auch der directe Anlass zur Inversion. Von der Richtigkeit dieser Interpretation kann man sich überzeugen, wenn man sich durch allmähliche Steigerung der Geschwindigkeit der Bewegungen darauf einübt, einen und denselben Fixationspunkt in der Zeichnung auch bei

schnelleren Bewegungen derselben fortwährend festzuhalten. Man findet dann, dass, so lange dies gelingt, niemals eine Umkehrung eintritt.

Wie sehr nun aber auch diese Beobachtungen auf die directe Abhängigkeit der umkehrbaren perspectivischen Täuschungen von den Augenbewegungen hinweisen, so hat doch LOEB selbst diesen nächstliegenden Schluss nicht gezogen. Vielmehr betrachtet er seine Versuche als ein Zeugniss dafür, dass »die Innervation zur Verschiebung des Fixationspunktes in der Gesichtslinie« das nächste Motiv zur Entstehung der Inversion sei. Die Innervation zur Annäherung des Fixationspunktes soll Convexsehen, die Innervation zur Entfernung desselben Concavsehen erzeugen; diese Innervationen sollen jedoch, wie die »Raumempfindung« selbst, »vom blossen Willen Blickbewegungen auszuführen, nicht aber von der Ausführung des Willensimpulses« abhängig sein; und demzufolge soll es auch bei jenen Inversionen eben nur auf die mit dem Willen verbundene Innervation, nicht auf wirklich ausgeführte Augenbewegungen ankommen[1]).

Diese Erklärung zeigt deutlich, wie die herkömmliche Zurückführung dieser Erscheinungen auf die »Einbildungskraft« und den »Willen« hier auf die Interpretation des Beobachteten einen schädlichen Einfluss ausgeübt hat. LOEB will die physiologischen Bedingungen der Erscheinungen in ihre Rechte einsetzen. Aber den wirklichen Bedingungen, den Stellungen und Bewegungen des Auges, auf die seine Beobachtungen hinweisen, substituirt er eine blosse Innervationstendenz, die den Willen, die Objecte im Raum zu localisiren, regelmässig begleiten soll, ohne darum nothwendig mit einer wirklichen Muskelaction verbunden zu sein. Eine solche durch die objective Bewegung der Zeichnung hervorgerufene Innervation macht jedoch nicht begreiflich, warum bei hinreichend langsamer Bewegung, und warum überhaupt bei fortwährender fester Fixation des Objectes die Inversionen nicht eintreten. Die Zurückführung dieser auf die Bewegungen des Blickpunktes längs bestimmter Fixationslinien der Figuren lässt dagegen alle diese Veränderungen der Vorstellung als selbstverständliche Folgen der nachgewiesenen Grundbedingungen erscheinen.

1) A. a. O. S. 279.

Eine unerhebliche Modification der vorigen ist die in Fig. 3 zu beobachtende umkehrbare Täuschung. Die Figur wird in der Regel sofort als Tetraëder gesehen. Sie kann aber in doppelter Weise zum Beschauer orientirt erscheinen. Entweder, und das ist das gewöhnliche, ist die Kante *db* diesem zugekehrt; oder es sind *ac*, *ad* und *dc* die dem Auge zunächst liegenden Kanten, während *bd* von ihm abgekehrt ist. Beide perspectivische Vorstellungen führen zugleich zwei weitere Erscheinungen mit sich: erstens erscheint die Figur durchsichtig, da im ersten Fall die Kante *ac*, im zweiten die Kante *bd* durch die dem Beschauer zugekehrten Theile des Tetraëders hindurch gesehen wird; und zweitens erscheint das ganze Tetraëder mit seiner Verticalaxe jedesmal in verschiedener Weise zum Beobachter orientirt: im ersten Fall ist es diesem mit seiner Spitze zugekehrt, im zweiten ist es von ihm abgewandt. Wenn die Umkehrung der Vorstellung eintritt, so erfolgt daher jedesmal eine entsprechende Drehung der Figur. Diese Vorstellungen der Durchsichtigkeit und der verschiedenen Orientirung sind demnach erst Wirkungen der vorher erwähnten primären perspectivischen Momente, nämlich des Lageverhältnisses von *db* und *ac* zum Beobachter. Gleichwohl besitzen sie den nämlichen Charakter unmittelbarer Anschaulichkeit. Auch in diesem Fall ist nun die Inversion, ganz so wie bei den Figuren 1 und 2, von den Stellungen und Bewegungen des Auges abhängig. Fixirt man irgend einen Punkt der Kante *bd*, oder bewegt man das Auge in einer der Richtungen *ba* oder *bc*, so entsteht die erste Form der perspectivischen Vorstellung: *db* ist dem Beschauer zugewandt; fixirt man dagegen irgend einen Punkt der Linie *ac* oder auch einen solchen von *ad* oder *dc*, oder bewegt man das Auge in den Richtungen *ab* oder *cb*, so tritt die Inversion ein. Ebenso haben Bewegungen der Zeichnung selbst oder eines zwischen ihr und dem Beschauer befindlichen Fixationsobjectes die nämliche Wirkung wie vorhin.



Fig. 3.

Lediglich als eine Häufung der in den Figuren 2 und 3 zur Geltung kommenden perspectivischen Motive erscheint nun diejenige Figur, die als einer der frühesten beobachteten Fälle umkehrbarer Täuschungen Aufsehen erregt hat: das SCHROEDER'sche

Treppenbild (Fig. 4)[1]. In der Regel wird die Figur als Treppe gesehen, d. h. die Ebene *a* erscheint dem Beschauer näher als die Ebene *b*, und der Winkel *α* erscheint demnach als convexe körperliche Ecke. Es kann aber auch umgekehrt *b* näher als *a* erscheinen, sodass nun *γ* als convexe körperliche Ecke gesehen wird. Die Figur wird dann nicht mehr als Treppe, sondern etwa als ein überhängendes Mauerstück gedeutet, aus dem eine Anzahl von Steinen herausgebrochen ist.

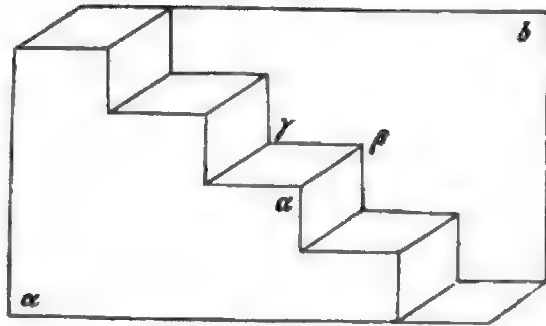


Fig. 4.

Nicht selten ist gerade diese Figur benützt worden, um den Einfluss der willkürlichen Phantasiethätigkeit auf die umkehrbaren Täuschungen zu illustriren. So bemerkt Helmholtz, sobald er sich lebhaft die eine oder andere Körperform vorstelle, so trete auch sogleich die Anschauung derselben an der Figur hervor[2]. Auch hier kann man sich aber, wenn man nur erst auf die Bedingungen der Erscheinung aufmerksam geworden ist, leicht überzeugen, dass der Vorstellung als solcher die ihr hier zugeschriebene Macht durchaus nicht zukommt. Man mag noch so energisch seine Einbildungskraft anstrengen: so lange in der Art der Fixation der Figur und der Bewegungen des Auges längs der vorhandenen Fixationslinien keine Aenderung erfolgt, so tritt auch keine Inversion ein. Dagegen kann man diese ohne entsprechende Aenderung der Vorstellungsthätigkeit leicht herbeiführen, wenn man die erforderlichen Augenbewegungen ausführt. So ist denn auch das Bild der Treppe augenscheinlich nicht deshalb das häufigste, weil uns die Treppe das aus der Erfahrung bekanntere Object ist, sondern weil wir, wie das schon bei den solche specielle Motive der Erfahrung ausschliessenden Figuren 1 und 2 bemerkt wurde, die im Sehfeld sich darbietenden Fixationslinien leichter von unten nach oben, als von oben nach unten verfolgen, oder aber weil wir von schrägen

1) Schroeder, Poggendorff's Annalen, CV, 1858, S. 298.

2) Helmholtz, Physiol. Optik², S. 771. Uebrigens hat Schroeder selbst bereits hervorgehoben, dass unser »unbewusst thätiges Urtheil« geneigt sei, die tiefer liegende Ecke in grössere Nähe zu verlegen, daher er zur Erzeugung der Inversion die Drehung der Zeichnung um 180° empfiehlt.

Linien im Sehfeld, die perspectivisch gedeutet werden können, in der Regel zunächst das untere Ende fixiren. Der zuerst fixirte Grenzpunkt oder derjenige, von dem eine Augenbewegung ausgeht, erscheint aber regelmässig als der dem Beschauer nähere. Da wir also in Fig. 4 in der Regel einen Punkt α zuerst fixiren und in einer Richtung $\alpha\beta$ das Auge bewegen, so erscheint die Figur am häufigsten als Treppe. Sobald wir aber umgekehrt β zuerst fixiren und in der Richtung $\beta\alpha$ das Auge bewegen, so tritt ebenso unausbleiblich die entgegengesetzte, durch das Beispiel des überhängenden Mauerstücks versinnlichte Vorstellung ein. Unter den verschiedenen Anlässen, unter denen eine solche Aenderung der Stellungen und Bewegungen des Auges erfolgen kann, spielen dann allerdings auch zufällige oder absichtliche Erinnerungen an geläufige Erfahrungsobjecte eine gewisse Rolle. Wenn man an eine Treppe denkt, so durchläuft das Auge unwillkürlich die Figur in der entsprechenden Form, also z. B. eine Linie $\alpha\beta$ in der Richtung $\alpha\beta$. Wenn man dagegen statt dessen an ein überhängendes Mauerstück denkt, so ändert sich damit von selbst die Fixationsbewegung: eine Linie $\alpha\beta$ wird nun umgekehrt in der Richtung $\beta\alpha$ durchlaufen.

Eine andere zusammengesetzte Modification der an Fig. 1 und 2 zu beobachtenden umkehrbaren Täuschungen bildet der mehrdeutige Würfel Necker's (Fig. 5)[1]. Die Linearzeichnung eines Würfels oder eines beliebigen Parallelepipeds kann in doppelter Form körperlich gesehen werden. Entweder erscheinen die Ecken R und N oder aber die Ecken L und P dem Beschauer zugekehrt. Zugleich ist, wie in Fig. 3, die Inversion jedesmal mit einer Drehung der Figur um eine horizontale Axe verbunden: die dem Beschauer zugekehrte Kante hebt sich beim Uebergang der ersten in die zweite Form, dem Höhenunterschied der

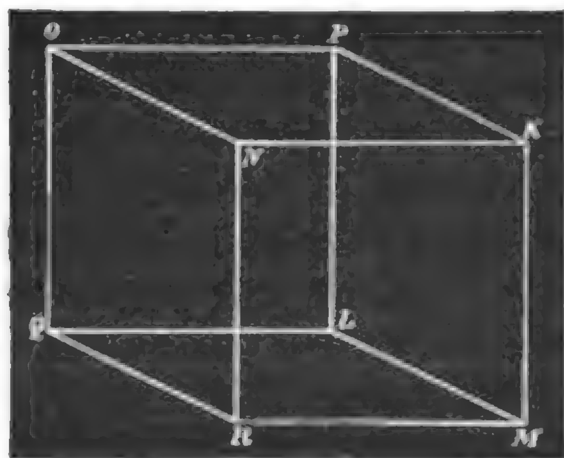


Fig. 5.

1) Necker, Poggendorff's Annalen, XXVII, 1833, S. 502.

Punkte *L* und *R*, *P* und *N* entsprechend. Auch hier sind aber die Stellungen und Bewegungen des Auges für die Inversion entscheidend. Fixirt man sogleich beim ersten Anblick der Figur einen Punkt der Linie *RN*, oder bewegt man das Auge von einem solchen Punkte aus in Richtungen *RM*, *RQ*, so tritt die erste Form der Perspective mit *RN* als convex gesehener Kante ein. Fixirt man dagegen zuerst einen Punkt der Linie *LP*, oder bewegt man das Auge in Richtungen *LQ*, *LM*, so wird *LP* zur convexen, nach vorn gekehrten, *RN* zur concaven, nach hinten gekehrten Kante. Ebenso bewirken Bewegungen in den Richtungen *ML*, *KP* u. s. w. die erste, solche in den Richtungen *LM*. *PK* die zweite Vorstellung. Kurz: eine Ecke, von der aus die Bewegung erfolgt, erscheint stets dem Beschauer zugekehrt; eine solche, gegen die hin die Bewegung geschieht, erscheint von ihm abgekehrt. Auch in Fig. 5 besteht, in Uebereinstimmung mit den Erfahrungen an Fig. 1, die überwiegende Neigung, die Kante *NR*, von der aus die Fixationslinien aufwärts verlaufen, convex, dem Beschauer näher zu sehen. Doch ist dieses Uebergewicht um so kleiner, je weniger sich die Fixationslinien von der horizontalen Richtung entfernen. So tritt an der Fig. 5, welche einem auf horizontaler Unterlage stehenden Würfel entspricht, die Inversion häufiger und unruhiger auf, als an den Figuren 2 und 3 oder auch an der Fig. 5 selbst, wenn man diese in eine Lage bringt, bei der alle Conturen eine stärker geneigte Richtung annehmen, wenn man also z. B. die Zeichnung nach rechts oder links um 90° dreht, so, dass entweder *M* oder *O* gerade nach unten liegen. Im ersten dieser Fälle ist die Neigung, die Kanten *RM*, *MK*, im zweiten diejenige, die Kanten *OP*, *OQ* convex zu sehen, vorwaltend. Man kann daher auch leicht durch Drehung der Zeichnung aus der einen in die andere Lage diese Inversionen herbeiführen. Um solche verschiedene Formen perspectivischer Vorstellungen, sowie ihren Wechsel unter dem Einfluss veränderter Richtung der Fixationslinien zu erzeugen, ist es im allgemeinen günstiger, die Zeichnungen nicht mit schwarzen Linien auf weissem, sondern, wie die Fig. 5, mit weissen Linien auf schwarzem Grunde auszuführen. Der schwarze Grund scheint leichter die Vorstellung eines sich beliebig in die Tiefe erstreckenden Raumes zu erwecken, während bei der weissen Papierfläche die unmittelbare Wahrnehmung der Zeichnungsebene wirksamer bleibt. Von

diesem Vorzug des schwarzen Grundes werden wir daher auch in den folgenden Theilen dieser Untersuchung, wo es wünschenswerth scheint, Gebrauch machen.

Bei allen bis dahin behandelten umkehrbaren Täuschungen haben wir sowohl bestimmte Stellungen des Auges wie bestimmte Bewegungen desselben, namentlich solche entlang den in einer Figur angegebenen Fixationslinien, zur Erzeugung einer bestimmten Form perspectivischer Vorstellung wirksam gefunden. Dabei ist das Verhältniss der ruhenden Stellung und der Bewegung zu einander in der Regel dies, dass schon eine bestimmte Fixationsstellung, wenn sie sogleich bei der ersten Betrachtung einer Figur eingenommen wird, einen gewissen plastischen Effect begünstigt, dass aber dieser bedeutend erhöht wird, wenn nun jene Fixirstellung in die entsprechende Bewegung übergeht. So erzeugt z. B. die primäre Fixation der Ecke *N* in Fig. 5 die Vorstellung, dass *N* dem Beschauer zugekehrt sei, und die Bewegung entlang den Fixationslinien *NK* und *NO* verstärkt diese Vorstellung. Sobald dagegen bei dieser Bewegung der Blick plötzlich auf *P* abschweift, um dann den Linien *PO* und *PK* entlang zu laufen, so tritt auch sofort die Inversion ein.

Unter gewissen Bedingungen kann es nun aber geschehen, dass diese in der Regel in gleicher Richtung wirksamen Momente der ruhenden Fixation und einer an diese sich anschliessenden Blickbewegung die Tendenz zur Erzeugung entgegengesetzter Reliefvorstellungen in sich tragen. Dies geschieht nämlich naturgemäss dann, wenn die Bewegung das Auge nothwendig in eine zweite Fixirstellung überführt, welche die entgegengesetzte perspectivische Wirkung ausübt. In diesem Falle ist eine bestimmte Form der Perspective ausschliesslich an eine bestimmte Fixirstellung des Auges gebunden, und eine etwa an diese sich anschliessende Bewegung verstärkt nicht den Effect, wie in den vorigen Fällen, sondern hebt ihn auf, um ihn durch eine Inversion in den entgegengesetzten überzuführen. Ein augenfälliges Beispiel dieser Art bietet die zusammengehörige Reihe der Figuren 6, 7 und 8. Fixirt man in Fig. 6, wie es der Pfeil andeutet, die obere Fläche der Figur etwa in ihrer Mitte, so sieht man ein körperliches Prisma, das seine mittlere Kante

convex dem Beschauer zukehrt. Bewegt man nun aber das Auge längs einer der auf den Seitenflächen parallel zur mittleren Kante gezogenen Geraden, so geräth zunächst die Figur in eine eigenthümliche Unruhe: die mittlere Kante scheint bald vor- bald zurücktreten zu wollen; zugleich bemerkt man, dass jede Bewegung des Blicks längs der schräg gezogenen Linien, wenn sie nach der Mittellinie

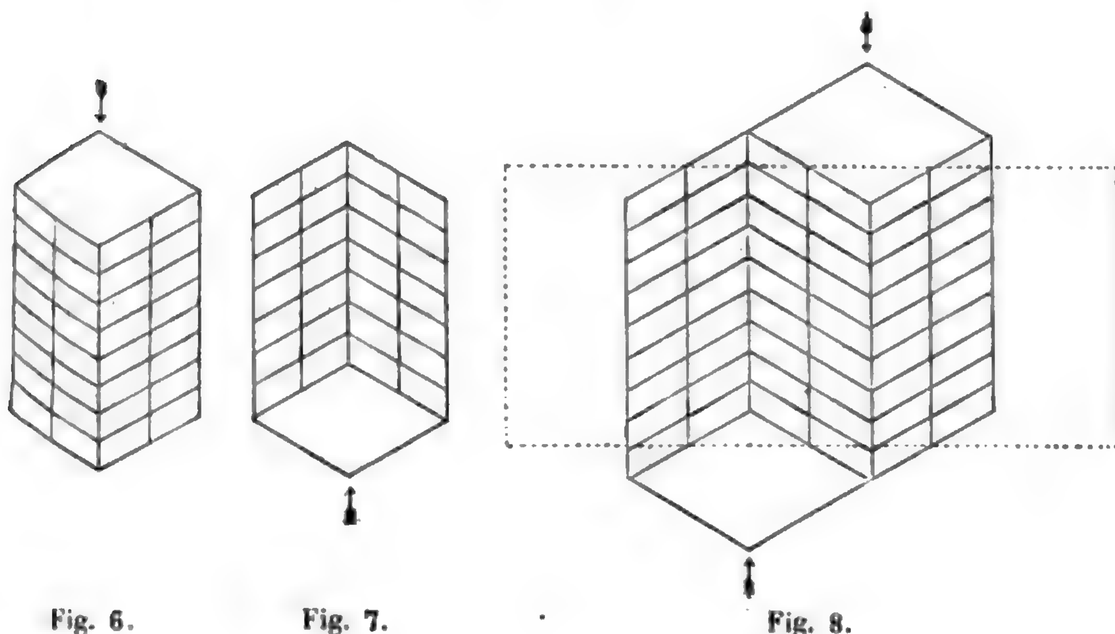


Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

der Figur erfolgt, diese concav, und, wenn sie nach den Seiten gerichtet ist, wieder convex erscheinen lässt, ganz den oben rücksichtlich des Einflusses der Fixirbewegungen gemachten Beobachtungen entsprechend. Demnach erscheint die Figur bei starrer Fixation der mittleren Verticalen stets convex, ebenso bei starrer Fixation irgend einer der seitlichen Verticalen stets concav, während, sobald man in Folge von Augenbewegungen den Fixirpunkt verändert, ein Wechsel des Reliefs eintritt. Das Analoge beobachtet man an Fig. 7, einer Umkehrung von Fig. 6, und an Fig. 8, welche aus den beiden Figuren 6 und 7 zusammengesetzt ist. Die Fig. 8 besteht bei jeder Art der Fixation aus einem Voll- und einem Hohlprisma. Aber wenn man einen Punkt inmitten der unteren Fläche oder einen solchen der mittleren Kante des linken Prismas fixirt, so ist dieses das Voll-, das rechts liegende das Hohlprisma; wenn man an dem letzteren einen Punkt der oberen Fläche oder einen solchen der mittleren Kante fixirt, so ist dieses das Voll- und das links liegende das Hohlprisma, und auch hier strebt jede Fixationsbewegung, die von den

angegebenen Flächen und Linien wegführt, das Relief umzukehren[1]).

Aehnliche Wirkungen einer streng festgehaltenen Fixation lassen sich übrigens noch an andern, sonst vorwiegend unter dem Einfluss der Bewegungen veränderlichen Figuren beobachten. So lässt die Fig. 3 (S. 66) neben der Vorstellung eines Tetraëders, dessen Kante *db* convex oder concav ist, noch eine dritte und vierte Auffassung zu. Es kann nämlich auch als eine aus zwei Dreiecksflächen *adc* und *abc* gebildete Figur gesehen werden, die in einem räumlichen Winkel zusammenstossen, wobei dieser Winkel *ac* entweder concav gegen den Beschauer, also die Fläche *acb* ihm zugekehrt, oder convex gegen ihn, die Fläche *acb* also von ihm abgekehrt ist. Jede dieser beiden perspectivischen Vorstellungen kann man aber nur durch starre Fixation erzeugen, und zwar muss man den Punkt *b* fixiren, um *acb* dem Beschauer zugekehrt, und dagegen einen Punkt der Linie *ac*, am besten den Durchschnittspunkt derselben mit *ab*, um *acb* weggekehrt vom Beschauer zu sehen. Auch ist es schwierig eine dieser Vorstellungen festzuhalten, weil, sobald eine Augenbewegung längs einer der Fixationslinien eintritt, auch die der Richtung dieser Bewegung entsprechende Tetraëderform wieder erscheint. Ebenso lässt die Fig. 5 (S. 68) ausser den beiden Würfelvorstellungen noch eine dritte und vierte Vorstellung zu, die ebenfalls Umkehrungen zu einander, aber ausserdem an starre Fixation in bestimmten Stellungen gebunden und darum schwierig festzuhalten sind. Fixirt man nämlich die Fig. 5 starr in einem zwischen den Linien *PL* und *NR*, wo möglich gleich weit von beiden gelegenen imaginären Punkte, so sieht man sowohl *NR* wie *PL* convex. Die Figur erscheint also nun nicht als ein Würfel, sondern als eine Combination von zwei dachähnlichen Formen, die sich durchkreuzen. Diese Vorstellung springt aber sofort in einen der beiden Würfel über, sobald man eine Augenbewegung ausführt. Noch schwieriger ist das zweite die Würfelform beseitigende, zum vorigen umgekehrte Relief festzuhalten. Zu diesem Zweck muss man entweder einen in dem Raum zwischen *NR* und *OQ* oder einen zwischen *PL* und *KM* gelegenen

---

1) Die Figuren 6, 7 und 8 sind schon von A. THIÉRY (Philos. Stud. XI, S. 319 f.), aber in etwas anderer Weise, als hier geschehen ist, erörtert worden.

imaginären Punkt vollkommen starr fixiren. In beiden Fällen entsteht abermals die Vorstellung zweier sich durchkreuzender dachähnlicher Gebilde, in deren Hohlräume jedoch diesmal der Beschauer hineinblickt, so dass *PL* und *NR* beide als concave Kanten erscheinen. Bewegung des Blicks lässt auch diese wegen der weiten Entfernungen der den Fixirpunkt einschliessenden Linien schwer festzuhaltende Vorstellung sofort in die der Richtung der Bewegung entsprechende Würfelform überspringen.

Diese Beispiele weisen schon darauf hin, dass überall, wo nicht bloss zwei einander entgegengesetzte perspectivische Vorstellungen durch Umkehrung in einander übergehen können, sondern wo eine Figur allgemein gesprochen mehr als zwei perspectivische Vorstellungen zulässt, solche mehrfache Vorstellungen dadurch zu Stande kommen, dass bestimmte Arten starrer Fixation eines Bildes zu gewissen Vorstellungen Anlass geben. Auch hier sind übrigens, wie in den bereits vorgeführten Beispielen, in der Regel je zwei Vorstellungen als Umkehrungen einander zugeordnet; und der Einfluss der Fixation folgt der nämlichen Regel, die wir bei den durch Augenbewegungen umkehrbaren Täuschungen gefunden haben: der fixirte Theil des Bildes erscheint jedesmal in dem entstehenden Relief dem Beschauer zugekehrt.

Ein augenfälliges Beispiel einer solchen, durch bestimmt gewählte Fixationen zu beeinflussenden Perspective bietet die Fig. 9 dar. Die zwei nächsten, zugleich stark durch Augenbewegungen zu beeinflussenden Formen der Auffassung sind die eines schräg liegenden Ringes von überall gleicher Höhe (man denke z. B. an das bekannte Bild eines Serviettenrings), bei dem in der einen, nach vorn geneigten Stellung die Ränder *A* und *B* die vordere Seite des Ringes begrenzen, wogegen in der zweiten, nach hinten geneigten Stellung der von den Rändern *R* und *S* begrenzte Theil des Ringes nach vorn, der von *A* und *B* begrenzte nach hinten gekehrt ist. Geht man mit der Augenbewegung von einem mittleren Punkte des Bogens *B* oder auch von einem solchen des Bogens *A* aus und verfolgt fixirend den entsprechenden Bogen, so tritt die erste dieser Vor-

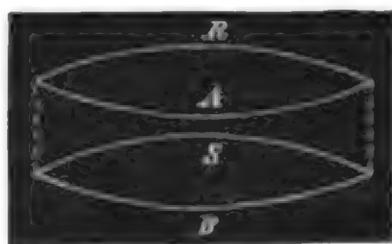


Fig. 9.

stellungen auf; verfährt man ebenso mit dem Bogen *S* oder *R*, so erfolgt ebenso unausbleiblich die zweite, ganz im Einklang mit der oben für den Einfluss der Fixationen und der Augenbewegungen aufgestellten allgemeinen Regel. Durch starre Fixation gewisser Theile der Figur kann man aber noch zwei andere, davon ganz verschiedene perspectivische Vorstellungen wachrufen. Fixirt man nämlich einen imaginären Punkt zwischen *B* und *S* oder auch einen solchen zwischen *A* und *R*, so kann die Vorstellung entstehen, *R* und *B*, *A* und *S* seien zusammengehörige Begrenzungen, das Ganze also sei ein gegen den Beschauer stark sich verbreiternder, von ihm weg aber perspectivisch sich gewaltig verschmälernder Ring. Fixirt man dagegen einen zwischen *A* und *S* liegenden imaginären Punkt, so kann sich die Vorstellung eines Ringes von der umgekehrten Beschaffenheit bilden, der nach vorn sehr schmal ist, vom Beschauer weg aber sehr breit wird. Die zweite Vorstellung entsteht jedoch etwas schwerer als die vorige, vermuthlich weil diese in der aus der Wahrnehmung geläufigen Abnahme des Gesichtswinkels mit der Entfernung eine gewisse Unterstützung findet, während die zweite Vorstellung im geraden Gegensatze zu diesem perspectivischen Gesetz gebildet werden muss. An ihrer Stelle schiebt sich daher bei der angegebenen Fixationsweise leicht eine fünfte mögliche Vorstellung ein: man sieht die Figur als ein durchweg solides Gebilde, also als die Darstellung einer Biconvexlinse an, die an ihrem dem Beschauer zugekehrten Rande allmählich sich verjüngend zugeschliffen ist.

Zu den umkehrbaren Täuschungen im weiteren Sinne gehören schliesslich noch die von verschiedenen Beobachtern beschriebenen Umkehrungen des Reliefs von Medaillen und Münzen. Sie beruhen jedoch zumeist auf Aenderungen der Beleuchtung und Beschattung, also auf perspectivischen Momenten, die zu den in den blossen Conturen der Objecte gelegenen Motiven hinzutreten, wie dies OPPEL durch die Versuche mit seinem »Anaglyptoskop« gezeigt hat[1]). Dennoch können auch bei Conturenzeichnungen von Münzen und Medaillen die in Fig. 9 dargelegten Wirkungen der Fixation hervortreten. Die Conturenzeichnung eines Kopfes ist an und für sich zweideutig:

---

1) OPPEL, Poggendorff's Annalen, XCIX, S. 166.

man kann sich vorstellen, der Kopf sei in erhabenem, oder er sei in vertieftem Relief ausgeführt. Doch sind die Motive zu solchen körperlichen Vorstellungen bei einer reinen Conturenzeichnung sehr schwach; man sieht daher das Bild in der Regel als das was es wirklich ist, als eine ebene Zeichnung. Immerhin kann man auch hier den Eindruck des Reliefs durch Anwendung der starren Fixation erhöhen: dann erscheint der Kopf erhaben, wenn man irgend einen Punkt desselben fixirt, vertieft, wenn man den Fixationspunkt ausserhalb des Kopfes, irgendwo zwischen ihm und dem Rand der Münze wählt. Auch hier also erscheint, wie bei den Fixationstäuschungen der Fig. 9, stets der fixirte Theil des Bildes dem Beschauer näher als der nicht fixirte.

Aus der Gesammtheit der zu den »umkehrbaren Täuschungen« zu rechnenden Erscheinungen geht hervor, dass solche abstracte psychische Kräfte wie »Einbildungskraft« oder »Wille« mit der Form der auftretenden perspectivischen Vorstellungen ganz und gar nichts zu thun haben, und dass diese ebenso wenig bloss vom »Zufall« abhängige, d. h. in ihren ursächlichen Bedingungen völlig unberechenbare Phänomene sind. Vielmehr hat sich uns in allen Fällen eine fest geregelte causale Beziehung zu bestimmten physiologischen Bedingungen herausgestellt. Diese physiologischen Bedingungen bestehen in der Fixirung der Objecte durch das Auge und in der Bewegung des Blickpunktes entlang bestimmten Conturen, die wir wegen dieser Bewegung des Blickpunktes auf ihnen die Fixationslinien des Objectes nennen können. Für die Fixation gilt die Regel: der starr fixirte Theil des Bildes erscheint als der dem Beschauer nähere; für die Bewegung des Blickpunktes die andere: der Theil des Bildes, von dem die Bewegung ausgeht, erscheint dem Beschauer näher, der Theil, gegen den sie sich richtet, erscheint ihm ferner. Hierbei können sich nun je nach besonderen Bedingungen die Fixation und eine Bewegung, in die sie übergeht, zu gleicher perspectivischer Wirkung verbinden; oder es kann die starre Fixation eine von der Blickbewegung verschiedene Wirkung ausüben, wo dann wieder diese entweder eine Umkehrung jener ist (wie in Fig. 6, 7 und 8), oder aber in der Erzeugung selbständiger, nur bei der Fixation hervortretender Formen besteht (wie in Fig. 3, 5 und 9).

Sind es nun aber auch unmittelbar stets nur die erwähnten physiologischen Momente der Fixation und der Bewegung des Auges, auf welche die verschiedenen Formen umkehrbarer Täuschungen zurückführen, so wird doch dadurch die mittelbare Wirksamkeit psychologischer Motive nicht ausgeschlossen. Die genannten physiologischen Bedingungen führen selbst in doppeltem Sinne auf solche zurück. Erstens lässt sich fragen, durch welche Motive wir etwa veranlasst werden, eine bestimmte Zeichnung bald so bald so zu fixiren oder mit dem Blick zu durchlaufen und auf diese Weise eine bestimmte Art perspectivischer Täuschung oder ihre Umkehrung hervorzubringen. Zweitens aber und vor allem bleibt zu untersuchen, wie denn eine bestimmte Art der Fixation oder der Bewegung des Blicks gerade eine bestimmte Art perspectivischer Vorstellung und keine andere hervorbringt.

Die erste dieser Fragen lässt sich selbstverständlich nicht in allgemeingültiger Weise beantworten. Namentlich die Art, wie wir mittelst einer bestimmten Blickbewegung eine Figur durchwandern, wird in sehr vielen Fällen rein »zufällig«, d. h. von unberechenbaren Bedingungen abhängig sein, die zu dem gesehenen Gegenstand in gar keiner directen Beziehung stehen. Wenn wir absichtlich eine bestimmte Art der Auffassung bevorzugen, wie z. B. bei den beschriebenen eigens auf die Bedingungen der umkehrbaren Täuschungen gerichteten Versuchen, oder wenn wir die Wirkungen einer starren Fixation ermitteln, wie sie anderswo als bei physiologischen Versuchen überhaupt nicht vorzukommen pflegt, dann kann man allerdings sagen, dass die wirksam werdenden Stellungen und Bewegungen des Auges vom »Willen« abhängig seien. Nun ist aber dieser »Wille« hier so wenig wie anderwärts ein abstractes Vermögen, das als ein räthselhafter Deus ex machina unsere Bewegungen regiert, sondern eine Verbindung concreter Empfindungs- und Gefühlsvorgänge, die mit den eintretenden Bewegungen selbst ein einziges zusammenhängendes Geschehen bilden. Zugleich enthält dieser Wille zu einer bestimmten Fixation oder Bewegung an sich durchaus nichts von der aus der letzteren resultirenden Vorstellung. Ohne die entsprechende Augenbewegung vermag er daher auch nicht im geringsten jene Vorstellung hervorzubringen; noch vermag er sich der Augenbewegung irgendwie als eines Hülfsmittels im

Dienste einer zuvor schon vorhandenen Vorstellung zu bedienen. Vielmehr können wir immer nur unserm Auge willkürlich eine bestimmte Stellung geben oder es in einer bestimmten Richtung bewegen; die von dieser Stellung und Bewegung abhängige perspectivische Vorstellung tritt aber gerade so unwillkürlich ein, als wenn jene Stellungen und Bewegungen ganz zufällig erfolgt wären; und die Bewegungen und Fixationsstellungen des Auges bilden integrirende Bestandtheile der perspectivischen Vorstellungen selbst, so dass diese immer erst mit jenen eintreten.

Dies führt uns auf die Rolle, die der sogenannten »Einbildungskraft« als der primären Ursache perspectivischer Täuschungen angewiesen wird. Man stellt sich dabei vor, zunächst werde in dem Bewusstsein ein Bild desjenigen Reliefs erzeugt, in welchem man das Object sehen wolle, und nun erst werde dieses nach jener zuvor erfassten Phantasievorstellung gedeutet. Diese Interpretation ist aber nichts als eine willkürliche, aus dem vorgefassten Begriff der Einbildungskraft als eines Vermögens, beliebige Phantasievorstellungen hervorzubringen, entstandene Construction. Dass eine solche Phantasievorstellung in diesem Fall der Wahrnehmung vorausgehe, und dass sie überhaupt gesondert von dieser existire, ist eine vollkommen leere, der Beobachtung direct widerstreitende Fiction. Wenn irgend welche psychologische Motive, welche die Tendenz mit sich führen ein Relief von bestimmter Form zu sehen, der wirklichen, an den vorhandenen Eindruck gebundenen Anschauung dieses Reliefs vorausgehen sollten, so bestehen diese Motive jedenfalls nicht in Vorstellungen, sondern sie sind höchstens in der Form jener Wirkungen auf die Stellungen und Bewegungen des Auges wahrzunehmen, die regelmässige Bestandtheile dessen bilden, was wir die »willkürliche Beherrschung« der Augenbewegungen zu nennen pflegen. Bestimmte perspectivische Vorstellungen treten aber immer erst in Folge jener Bewegungen, also, da diese an die dargebotenen Figuren gebunden sind, überhaupt nur in der Form unmittelbarer Anschauungen der gesehenen Objecte auf.

Hiermit sind wir auch bereits der zweiten der oben aufgeworfenen Fragen näher getreten. Wie lässt sich die Regel der Abhängigkeit der Perspective und ihrer Umkehrung von den Stellungen und Bewegungen des Auges erklären, jene Regel, nach der das starr

fixirte Object und das, von welchem die Bewegung ausgeht, näher, das nicht fixirte oder das, nach welchem hin die Bewegung gerichtet ist, ferner erscheinen? Der Grund dieser Regel kann natürlich nur ein psychologischer sein, oder, wie wir es vielleicht vorsichtiger ausdrücken, er kann nach dem Stand unserer Kenntniss der psychophysischen Zusammenhänge nur auf der psychischen Seite des Geschehens gesucht werden, da die in ihr angegebene Wirkung, die Vorstellungsveränderung, uns unmittelbar nur als ein psychologisches Factum gegeben ist. Eine Figur mit umkehrbarem Relief erzeugt, welche Art der perspectivischen Deutung auch eintreten möge, psychologisch immer das nämliche Netzhautbild; die Stellungen und Bewegungen des Auges aber längs der Conturen dieses Bildes können zwar verschiedene sein, doch diese Bewegungen selbst sind noch nicht räumliche Vorstellungen, sondern sie können höchstens als Momente betrachtet werden, die bestimmte Vorstellungen oder, wie wir es ohne Zweifel treffender bezeichnen, bestimmte Elemente früher gehabter räumlicher Vorstellungen in das Bewusstsein rufen. In der That ist es offenbar eine nicht unwahrscheinliche Annahme, dass eine Augenbewegung, die wir in einer bestimmten Weise ausführen, oder eine Augenstellung von bestimmter Richtung die Tendenz in sich tragen werden, Bruchstücke solcher früherer Vorstellungen in uns zu erwecken, bei denen die nämlichen Bewegungen und Stellungen des Auges stattgefunden hatten. In Wahrheit sind ja die letzteren ebenso gut Bestandtheile einer einzelnen Wahrnehmung, wie die Theile des zugehörigen Netzhautbildes. Jene Regel der Erweckung von Vorstellungen durch bestimmt gerichtete Bewegungen und Stellungen des Auges ordnet sich also damit der allgemeineren Regel unter, dass Eindrücke, die in früheren Vorstellungen als Bestandtheile enthalten waren, diese früheren Vorstellungen wiederzuerwecken streben.

Freilich muss man sich aber bei der Anwendung dieser allgemeinen Regel vor jener rohen und aller Beobachtung widerstreitenden Annahme hüten, die aus dem fingirten Begriff der sogenannten »Einbildungskraft« entsprungen ist: vor der Annahme nämlich, dass eine gewisse Anzahl von Vorstellungen, die einem gegebenen Wahrnehmungsinhalt irgendwie verwandt oder ähnlich sind, fix und fertig in uns bereit liege, derart dass nun, wenn die

Gelegenheit günstig ist, nur je eine dieser vorräthigen Vorstellungen, und, sobald eine andere Chance eintritt, eine andere sich des vorhandenen Eindrucks bemächtige. Einer solchen Annahme widerstreiten schon die beiden in der subjectiven Beobachtung leicht zu bestätigenden Thatsachen, dass erstens von unsern »Erinnerungsbildern«, die sich auf einen und denselben ursprünglichen Gegenstand beziehen, eigentlich keines dem andern gleicht, sondern das eine aus diesen, das andere aus jenen Bestandtheilen der ursprünglichen Wahrnehmung, und noch dazu meist untermischt mit Elementen, die in der Wahrnehmung selbst gar nicht vorhanden waren, bestehen; und dass zweitens überhaupt das was man ein »Erinnerungsbild« nennt durchaus keine feste oder irgendwie vollständige Vorstellung, sondern ein flüchtiger und veränderlicher Complex von undeutlichen Fragmenten früherer Wahrnehmungen zu sein pflegt. Ueberdies ist die Wahrscheinlichkeit offenbar ausserordentlich gering, dass man etwa ein Object wie die Schroeder'sche Treppe (Fig. 4) oder den Necker'schen Würfel (Fig. 5) oder gar eine der möglichen Deutungen der Fig. 9 genau in der Form, in der diese Objecte in einer concreten Zeichnung dem Auge dargeboten werden, jemals in der Wirklichkeit früher gesehen habe. Es können also nicht fertige Vorstellungen, sondern höchstens Fragmente gewisser Vorstellungen oder noch wahrscheinlicher Anlagen zu solchen Partialvorstellungen sein, die in dem Augenblick in uns wirksam werden, wo eine bestimmte Stellung oder Bewegung des Auges eine ganz bestimmte plastische Anschauung in uns wachruft.

Aus diesen durch die elementaren Thatsachen der sogenannten »Vorstellungsassociation« nahe gelegten Voraussetzungen erklären sich nun die Erscheinungen der umkehrbaren Täuschungen offenbar ohne Schwierigkeit; ja man kann sagen, diese Täuschungen selbst bilden eines der wirksamsten Mittel zur experimentellen Nachweisung jener Associationen zwischen unmittelbaren Sinneseindrücken und Elementen früherer Wahrnehmungen, die wir zweckmässig als »Assimilationen« bezeichnen können[1]). Ebenso bestätigen diese Erscheinungen die auch aus andern Erfahrungen zu folgernde Thatsache, dass es kein Wahrnehmungsbild gibt, in das nicht Elemente mannigfacher Er-

1) Vgl. über diese im allgemeinen meine Physiol. Psychologie[4], II, S. 439 ff.

innerungsbilder von verwandter Beschaffenheit ohne unser Wissen und Wollen als constituirende Bestandtheile mit eingehen, daher sie in der gewöhnlichen Erfahrung unmittelbar dem Wahrnehmungsinhalte selbst zugerechnet werden.

Dies vorausgesetzt bietet dann aber auch die specielle Regel, dass bei allen umkehrbaren Täuschungen jedesmal der fixirte Theil des Objectes sowie derjenige, von dem die Bewegung ausgeht, als der dem Beschauer nähere erscheint, der Erklärung keine Schwierigkeiten. Vielmehr bildet diese Regel lediglich einen Beleg für die allgemein sich bestätigende Wirksamkeit der geläufigsten Vorstellungselemente. Die dem Beschauer nächstliegenden Theile eines körperlichen Gegenstandes sind in der weitaus überwiegenden Zahl der Fälle diejenigen, die zuerst vom Auge fixirt werden, und von denen dann die den Conturen entlang laufenden Augenbewegungen ausgehen. Bei starrer Fixation muss daher der fixirte Theil, und bei Bewegungen der Blicklinie muss der Theil, von dem die Bewegung ausgeht, erhaben erscheinen. Daneben macht sich dann noch ein anderes Moment gewohnheitsmässiger Association geltend. Die regelmässige Ruhestellung des Auges ist die mit abwärts gerichteter Blicklinie, der grösseren Häufigkeit nahe liegender Fixationsobjecte entsprechend, eine Beziehung, in der zugleich die Bedeutung der individuell etwas variabeln, stets aber nach abwärts gerichteten Primärstellung der Blicklinien für die Bewegungsgesetze des Auges begründet ist. Von der Primärstellung oder einer ihr nahe kommenden abwärts gerichteten Augenstellung aus verfolgen wir die Fixationslinien der Objecte in der überwiegenden Zahl der Fälle mit nach aufwärts gerichteten Blickbewegungen. Darum sehen wir in Zeichnungen wie *A*, *B* und *C* Fig. 1 (S. 59), wenn nicht besondere Motive zu abgeänderten Augenbewegungen eintreten, vorzugsweise die abwärts gerichteten Schenkel der schrägen Linien dem Beschauer zugekehrt; ähnlich in den Figuren 2 und 3 (S. 63 und 66) die Kanten *be* und *db*, in dem Würfel Fig. 5 (S. 68) die Kante *NR*. Aus dem gleichen Grunde sehen wir endlich die Fig. 4 (S. 67) mit Vorliebe als Treppe, u. s. w. In allen diesen Fällen ist es aber, wie oben gezeigt wurde, nicht unmittelbar die grössere Geläufigkeit der Vorstellungen, die das gewöhnlich gesehene Relief erzeugt, sondern direct ist dabei stets nur die grössere Geläufigkeit der entsprechenden

Fixationsstellungen und Augenbewegungen wirksam, daher denn auch ohne weiteres durch Aenderung dieser die Perspective sich umkehrt.

Auf diese Weise ordnen sich die umkehrbaren Täuschungen durchweg der eingangs erwähnten heuristischen Maxime unter, dass, wenn bei der Erzeugung bestimmter Vorstellungen physiologische und psychologische Motive zusammenwirken, den ersteren die primäre Bedeutung zukommt. Es erhebt sich nun die Frage, ob diese Maxime auch in solchen Fällen noch zutrifft, wo sich mit einer geometrischen Form eine bestimmte, nicht umkehrbare perspectivische Vorstellung verbindet. Diese Fälle nicht umkehrbarer Täuschungen unterscheiden sich aber zugleich von den oben behandelten umkehrbaren dadurch, dass sich bei ihnen mit den perspectivischen Eigenschaften noch andere Täuschungen, theils solche über die Grösse linearer Strecken, theils solche über die Richtung von Linien oder über die Grösse der von solchen Linien eingeschlossenen Winkel, verbinden. Hierbei treten dann meist die perspectivischen Eigenschaften gegenüber diesen andern Täuschungsmomenten zurück, und in gewissen Fällen können sie ganz verschwinden. Wir werden alle diese Täuschungen zunächst in Streckentäuschungen und in Richtungstäuschungen unterscheiden, und dann jede von diesen wieder in variable und in constante Täuschungen sondern. Unter jenen sollen solche verstanden werden, die durch eine Variation der Bedingungen in ihrer Grösse und zum Theil auch in ihrer qualitativen Beschaffenheit verändert werden können, während diese in analogem Sinne wie andere sogenannte psychophysische Constanten unverändert bleiben. Es mag hierbei sogleich bemerkt werden, dass nur die erste Classe, die der variabeln Täuschungen, unter geeigneten Bedingungen mit perspectivischen Vorstellungen von eindeutiger Beschaffenheit verbunden ist, während solche Vorstellungen bei den constanten Strecken- und Richtungstäuschungen entweder fehlen oder in einer von den Entstehungsbedingungen der variabeln Täuschungen abweichenden Weise auftreten. Von allen diesen Täuschungen, bei denen physiologische Motive, ähnlich wie bei den umkehrbaren Täuschungen, als die primären nachweisbar sind, sondert sich endlich eine kleine Gruppe von Täuschungen ab, bei denen gewisse Bedingungen psychologischer Association als die primären auftreten.

Sie sollen deshalb unter der Bezeichnung »Associationstäuschungen« zusammengefasst werden.

§ 3. Variable Streckentäuschungen.

Zieht man zwei gerade Linien *A* und *B* (Fig. 10) von genau gleicher Grösse in beliebiger, aber übereinstimmender Richtung, und theilt man die eine Linie *B* durch mehrere Theilstriche in eine Anzahl kleinerer Theile, während *A* uneingetheilt bleibt, so erscheint *B* grösser als *A*. Damit verbindet sich zugleich mehr oder weniger deutlich die perspectivische Nebenvorstellung, dass *A* dem Beschauer näher, *B* in grösserer Entfernung von ihm liege. Einen ähnlichen Unterschied nimmt man wahr, wenn man, wie in Fig. 11, eine ausgezogene gerade Linie *b* und eine blosse Punktdistanz *a* mit einander vergleicht: die ausgezogene Linie erscheint in diesem Falle grösser, und auch hier ist man geneigt, die kleinere der beiden objectiv gleichen Strecken für die nähere zu halten.



Fig. 10.



Fig. 11.

Diese Täuschungen, die sich ebenso bei eingetheilten und nicht eingetheilten Flächenräumen wiederholen, sind vermuthlich den Zeichnern und Malern längst bekannt. Als eine Classe »geometrisch-optischer Täuschungen« sind sie zuerst von OPPEL[1]) hervorgehoben worden. Der perspectivische Effect blieb dabei freilich unbeachtet.

Da sich in den obigen Beispielen zwei Täuschungen, eine Grössentäuschung und eine perspectivische Täuschung, verbinden, so entsteht zunächst die Vermuthung, dass die eine dieser Täuschungen durch die andere verursacht sei. Eine solche Abhängigkeit kann aber möglicher Weise in doppeltem Sinne stattfinden. Entweder ist

1) Jahresber. des physikal. Vereins zu Frankfurt a. M. 1860—61, S. 35.

die perspectivische Täuschung die Ursache der Grössentäuschung; oder es ist umgekehrt die Grössentäuschung die Ursache der perspectivischen Täuschung. Im ersten Fall würden wir uns zu denken haben, dass zunächst die getheilte Distanz und die ausgezogene Linie (Fig. 10 und 11) in grössere Entfernung verlegt werde als die ungetheilte Distanz und die Punktstrecke, und dass dann, da die Netzhautbilder von *A* und *B*, von *a* und *b* gleiche Grösse haben, das in grössere Ferne verlegte Object grösser erscheine, ähnlich wie uns die Sonne bekanntlich grösser aussieht, wenn sie am Horizont, als wenn sie im Zenith steht, weil wir sie dort in grössere Entfernung verlegen als hier. Nehmen wir dagegen das umgekehrte Causalverhältniss an, so ist die Grössentäuschung die primäre: die getheilte Linie oder die ausgezogene Linie erscheinen, wie wir jetzt voraussetzen müssen, als ausgefüllte Raumstrecken grösser als die entsprechenden minder ausgefüllten oder leeren Strecken; da aber die Netzhautbilder von *A* und *B*, von *a* und *b* gleich gross sind, so wird nun das grösser erscheinende Object in grössere Ferne, das kleiner erscheinende in grössere Nähe verlegt.

Man könnte denken, diese Alternative werde dadurch ohne weiteres zu Gunsten der zweiten Annahme entschieden, dass die Grössentäuschung stets augenfälliger ist als die perspectivische Täuschung. In der That ist in den früheren Beschreibungen dieser Täuschungen die letztere gar nicht erwähnt, also offenbar übersehen worden; und die meisten Beobachter erkennen sie zwar, einmal darauf aufmerksam gemacht, sofort, andere sind aber kaum im Stande sie wahrzunehmen. Ich selbst finde die Grössentäuschung bei jeder Lage der Linien ziemlich gleich deutlich, die perspectivische Täuschung aber bei horizontaler Richtung etwas deutlicher als bei verticaler. Dieses Zurückstehen der perspectivischen Täuschung gegenüber der Grössentäuschung ist jedoch keineswegs entscheidend. Denn gerade bei derartigen Associationswirkungen ist es ein nicht seltener Fall, dass die verursachenden Momente hinter ihren Wirkungen in unserer Auffassung zurücktreten. So drängt sich ja auch der Grössenunterschied der Sonne am Horizont und im Zenith ohne weiteres unserer Beachtung auf, während wir uns über ihre scheinbaren Entfernungsunterschiede vom Sehenden minder leicht Rechenschaft geben.

Mehr ins Gewicht fällt die Erwägung, dass sich positive Gründe für eine primäre Verlegung gerade der eingetheilten Strecke in grössere Entfernung nicht auffinden lassen. Beruhte dies lediglich auf einem freien Schalten der sogenannten »Einbildungskraft«, so müsste man bemerken, dass gelegentlich, etwa bei willkürlicher Anstrengung dieser, auch die nicht eingetheilte Strecke entfernter gesehen werden könnte. Dann müsste aber auch die als Folgewirkung angenommene Grössentäuschung zu den umkehrbaren Täuschungen gehören, was nicht zutrifft. Ist die Täuschung nicht umkehrbar, so würden jedoch die für eine verschiedene primäre Tiefenlocalisation vorhandenen Bedingungen wohl eher für ein Nähersehen der eingetheilten Strecke sprechen. Da wir unter Umständen an näheren Objecten Einzelheiten wahrnehmen können, die uns an weiter entfernten entgehen, so könnte z. B. *B* in Fig. 10 als das genauere, also aus grösserer Nähe gesehene Bild eines sonst mit *A* übereinstimmenden Gegenstandes gedeutet werden. Nach dieser Interpretation müsste also im Gegensatze zu der wirklichen Richtung der Täuschung *A* ferner und *B* näher und folgeweise, wenn der Einfluss der gleich grossen Netzhautbilder sich geltend macht, *A* grösser und *B* kleiner erscheinen.

Abgesehen von diesen negativen Gründen werden wir uns nun zur positiven Entscheidung der Frage vor allem der zweiten unserer früher (S. 57) aufgestellten analytischen Regeln bedienen können. Ihr folgend müssen wir entweder analoge Grössentäuschungen hervorzubringen suchen, bei denen die perspectivischen Täuschungen durch die Bedingungen des Falles ausgeschlossen sind; oder aber umgekehrt perspectivische Täuschungen, bei denen die Grössentäuschungen fehlen. Sucht man dies auszuführen, so zeigt sich nun, dass zwar die erste, nicht aber diese zweite Art denkbarer Variation möglich ist. Es lassen sich unter keinen Umständen zwei ähnliche geometrische Figuren mit nicht umkehrbaren perspectivischen Eigenschaften construiren, bei denen perspectivische Unterschiede nicht auch von scheinbaren Grössenunterschieden begleitet wären. Dagegen ist es leicht, Bedingungen einzuführen, welche die ohnehin nur schwach wirksamen perspectivischen Motive bei der Vergleichung eingetheilter und nicht eingetheilter Figuren ganz beseitigen. Füllt man z. B. den Flächenraum eines Quadrates einerseits mit lauter ein-

ander parallel gezogenen Horizontallinien (Fig. 12 *A*), anderseits mit ebensolchen Verticallinien (*B*), so erscheint jeder dieser quadratischen Räume in entgegengesetztem Sinne, und zwar jedesmal im Sinne der

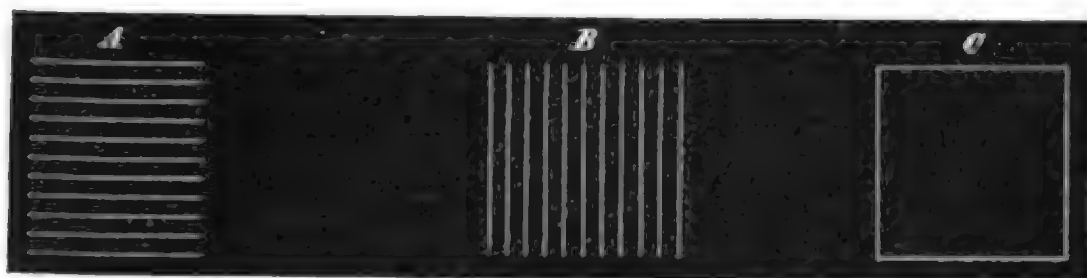


Fig. 12.

Eintheilung des Raumes vergrössert[1]: *A* erscheint also erhöht, *B* verbreitert. Ein perspectivischer Unterschied beider Figuren lässt sich aber, da offenbar die beiden Vergrösserungsmotive einander die Wage halten, nicht wahrnehmen. Dies wird noch deutlicher, wenn man ausserdem ein in der gewöhnlichen Weise begrenztes drittes Quadrat *C* von gleichem Flächenraum zeichnet. Dieses scheint nun in etwas grösserer Nähe zu liegen als die beiden vergrösserten Quadrate *A* und *B*. Zu einem ähnlichen Ergebnisse führt die folgende Construction, die natürlich wieder in mannigfaltiger Weise variirt werden kann. Theilt man eine geradlinige Strecke in drei gleiche Theile *a*, *b* und *c* (Fig. 13), und lässt man *b* leer, während *a* und *b* durch Theilpunkte in eine Anzahl kleinerer Strecken eingetheilt sind, so erscheinen *a* und *c* grösser als *b*, obgleich perspectivische Unterschiede hinwegfallen, da der freie Raum *b* lediglich als ein zwischen *a* und *c* gelegener leerer Zwischenraum aufgefasst wird.



Fig. 13.

Durch diese Variation der Bedingungen wird erwiesen, dass in allen diesen Fällen die perspectivische Täuschung, wo sie vorkommt, nicht die Ursache, sondern die Wirkung der Streckentäuschung ist. Jene muss eintreten, sobald bei der letzteren neben den directen Täuschungsmotiven die Gleichheit der Netzhautbilder sich geltend macht. Denn es entspricht nun die entstehende perspectivische Nebenvorstellung durchaus der unsere Wahrnehmungen geläufiger Gegenstände beherrschenden Regel, dass von zwei gleichen Gegenständen der grösser erscheinende weiter von dem Beschauer entfernt

ist, als der kleiner erscheinende. Diese Gleichheit des Netzhautbildes macht sich aber begreiflicher Weise bei starrer Fixation leichter geltend, als bei bewegtem Auge. In Folge dessen nimmt die perspectivische Täuschung, wenn sie vorhanden ist, bei starrer Fixation eines zwischen den verglichenen Objecten, also z. B. zwischen den Linien *A* und *B*, *a* und *b* in Fig. 10 und 11 gelegenen Punktes zu, während die Grössentäuschung umgekehrt bei bewegtem Blick merklicher wird.

Ist auf diese Weise die Grössentäuschung als die primäre anzusehen, die aber darum auch unter gewissen Bedingungen allein zurückbleibt, so kann nun zunächst als Ursache dieser Täuschung nur die grössere oder geringere Ausfüllung der Figur betrachtet werden. Es entsteht dann jedoch die Frage, worin hier wiederum diese Wirkung der Ausfüllung begründet sein möge. Helmholtz hat sie, ebenso wie eine grosse Zahl anderer Täuschungen des Augenmasses, als eine »Contrasterscheinung« aufgefasst, welche der Regel folge, »dass deutlich zu erkennende Unterschiede bei allen Sinneswahrnehmungen grösser erscheinen, als undeutlich zu erkennende Unterschiede von gleicher objectiver Grösse«. Bei der getheilten Raumgrösse lasse uns demnach die directe Wahrnehmung deutlicher erkennen, »wie viele und wie grosse Theile die betreffende Grösse enthält«[1]. Wäre diese Regel zutreffend, so würde zu erwarten sein, dass, wenn sich überhaupt der Grössenunterschied der Strecke mit perspectivischen Nebenvorstellungen verbände, die eingetheilte Strecke näher, die nicht eingetheilte ferner erschiene, da es stets die näheren Objecte sind, an denen wir eine grössere Zahl von Theilen deutlich unterscheiden. Nun ist aber gerade der entgegengesetzte Erfolg zu beobachten: die grösser erscheinende eingetheilte Strecke erscheint zugleich als die fernere. Nicht minder entscheidend ist die folgende Thatsache. Nach der Helmholtz'schen Regel würde offenbar jede irgendwie gegliederte geometrische Figur grösser erscheinen müssen, als die nämliche Figur, wenn sie nicht gegliedert ist. Dass dies nicht zutrifft, zeigt jedoch augenfällig die Fig. 14, wo von den zwei gleich grossen Geraden nicht die durch einen mittleren Strich in zwei Hälften getheilte Linie *a*, sondern *b*

1) Helmholtz, Physiol. Optik[2], S. 705.

als die grössere erscheint. Ebenso erscheint bei zusammengesetzteren Figuren, wie Kreisen, Quadraten, die eingetheilte Fläche in der Regel dann kleiner, wenn sie nur einmal getheilt ist: ein durch eine Kreislinie von kleinerem Radius in einen äusseren Ring und eine mittlere kleinere Kreisfläche getheilter Kreis *A* (Fig. 15) erscheint z. B. kleiner als ein gleich grosser Kreis *B*, der nicht durch eine



Fig. 14.

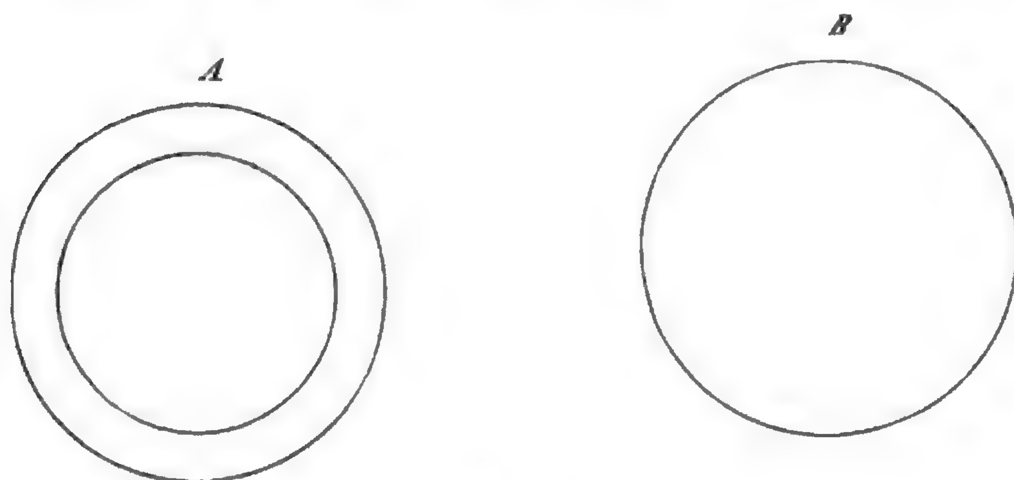


Fig. 15.

solche Construction in Theile gegliedert ist[1]). Zieht man eine grössere Zahl concentrischer Kreise, so erscheint dagegen auch hier die eingetheilte Figur als die grössere. Wir können demnach verallgemeinernd sagen: Die Regel der Vergrösserung einer geometrischen Form durch Theilung trifft nur dann allgemein zu, wenn sich die Theilung mehrfach wiederholt; sie macht aber ihrem Gegentheil Platz, wenn nur eine einmalige Theilung vorhanden ist.

In diesem Falle ist dann auch die perspectivische Nebenvorstellung die umgekehrte wie früher: in Fig. 14 wird, wenn überhaupt eine perspectivische Wirkung wahrgenommen wird, *a* näher und *b* ferner gesehen. Deutlicher bemerkt man dasselbe in Fig. 15, wo *A* dem Beschauer näher erscheint als *B*.

Die einmal getheilte gerade Linie (Fig. 14) als der einfachste Fall zeigt nun zugleich am klarsten die subjectiven Bedingungen,

1) In dieser Form ist die Täuschung schon von Oppel (Jahresber. des psych. Ver. zu Frankfurt a. M. 1856—57, S. 51) beobachtet worden.

von denen diese Umkehrung der Erscheinungen bei bloss einmaliger Theilung abhängt. Während man nämlich an den in Fig. 10 und 11 dargestellten Täuschungen deutlich wahrnimmt, wie sich das Auge bei dem Versuch einer genaueren Vergleichung über jede der verglichenen Linien hinbewegt, trifft das bei den Linien in Fig. 14 nur bei der ungetheilten Linie *b* zu; bei *a* aber ist man geneigt, den mittleren Theilungspunkt zu fixiren und dann die ganze Linie bei ruhendem Auge aufzufassen. Mit diesem Einfluss der Bewegungen des Auges stimmt es denn auch überein, dass die Täuschungen in Fig. 10 und 11 durch Bewegungen des Auges vergrössert, durch starre Fixation aber verkleinert werden.

Eine andere Grössentäuschung, die ebenfalls mannigfache Variationen zulässt, und die in ganz analogem Sinne wie die Grössentäuschung eingetheilter und nicht eingetheilter Figuren mit perspectivischen Nebenvorstellungen verbunden zu sein pflegt, bietet das von Müller-Lyer entdeckte, in Fig. 16 abgebildete Object dar[1]). Die beiden verticalen Geraden sind von gleicher Grösse; die Linie *B*, deren schräge Ansatzstücke sich der Richtung der Verticalen selbst nähern, erscheint aber viel grösser als die Linie *A*, bei der diese Ansatzstücke die umgekehrte Richtung haben. Belehrende Modificationen des Objectes sind die Figuren 17 und 18. Bei der ersteren ist die Täuschung zwar in etwas vermindertem Grade, aber doch deutlich vorhanden, obgleich sich die Ansatzstücke von übereinstimmender oder entgegengesetzter Richtung nicht direct an die Linien selbst, sondern an wagrechte Verbindungslinien anschliessen. In Fig. 18 vollends wird die gleiche Täuschung überhaupt nicht durch Ansatzstücke, sondern durch andere, von den der Täuschung unterworfenen Linien getrennten, aber ihnen parallelen Geraden her-



Fig. 16.

1) Müller-Lyer, Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie, 1887, Suppl. S. 263 ff. Taf. IX.

vorgebracht. Zwei kürzere Parallelen lassen, wie man sieht, auch die zwischen ihnen liegende Gerade kürzer, zwei längere Parallelen lassen sie länger erscheinen. Wir wollen im Folgenden, da die Motive dieser Täuschungen sehr verbreitet vorkommen, die an den Figuren *A* in Fig. 16—18 beobachteten Täuschungen der Kürze halber als »MÜLLER-LYER'sche Täuschungen vom Typus *A*«, die an den Figuren *B* als solche vom »Typus *B*« bezeichnen.

Diese Grössentäuschungen sind ebenfalls, was von MÜLLER-LYER übersehen wurde, sämmtlich mit perspectivischen Täuschungen ver-

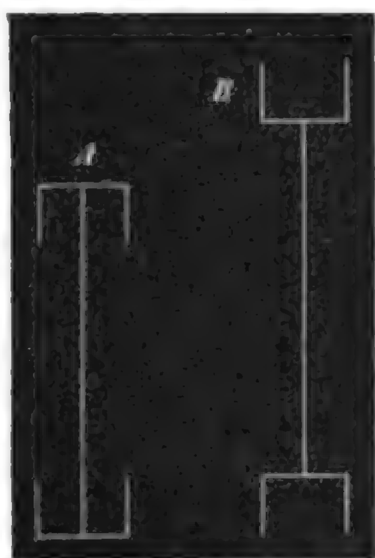


Fig. 17.



Fig. 18.

bunden, und zwar in dem Sinne, dass auch hier wieder die durch die Täuschung verkürzte Linie als die nähere, die verlängerte als die entferntere erscheint. Beide, die Grössentäuschung wie die perspectivische Täuschung, treten in jeder Lage der Figuren auf, wie man sich überzeugt, wenn man die Ebene der Zeichnung so dreht, dass die Verticalen allmählich eine horizontale Lage annehmen. Die Grössentäuschung ist bei bewegtem Auge ebenso wie bei starrer Fixation vorhanden; die perspectivische Täuschung nimmt aber bei der Fixation zu. In Fig. 18 besteht die perspectivische Täuschung darin, dass in der Figur *A* die mittlere Linie näher, in der Figur *B* ferner als die beiden seitlichen Parallelen zu liegen scheint. In Fig. 16 und 17 liegt die ganze Figur *A* scheinbar dem Beschauer näher als *B*. In Fig. 16 verbinden sich mit diesen verschiedenen Entfernungsvorstellungen zuweilen auch noch in Bezug auf

die schrägen Linien die in § 2 erörterten umkehrbaren perspectivischen Täuschungen; und zwar geschieht dies zumeist, da man in der Regel von den Verticalen aus auf diese schrägen Ansatzstücke übergeht, in der Weise, dass, gemäss der oben (S. 62) gefundenen Abhängigkeit dieser Täuschungen von der Bewegungsrichtung des Auges, die schrägen Linien von dem Beschauer weggekehrt erscheinen, so dass die ganze Figur das Ansehen eines Daches gewinnt, dessen Kante dem Auge zugewandt ist. Besonders an der verkleinert erscheinenden Figur *A* tritt, wahrscheinlich wegen ihrer perspectivischen Annäherung, diese Vorstellung leicht hervor. Dagegen zeigt die vergrössert erscheinende Figur *B* in dieser Beziehung eher zuweilen eine Umkehrung der Perspective, so dass die schrägen Ansatzstücke dem Beschauer zugekehrt erscheinen, da es bei dieser Figur leichter vorkommt, dass man sie nicht von der geraden Mittellinie, sondern vom Ende irgend eines der schrägen Ansatzstücke aus überfliegt[1]).

Die Müller-Lyer'sche Täuschung ist in neuerer Zeit Gegenstand vielfacher experimenteller und theoretischer Erörterungen gewesen, so dass über sie bereits eine ansehnliche Literatur vorhanden ist[2]).

1) Abgesehen von solchen leicht zu erkennenden Modificationen, wie sie die Figuren 17 und 18 an zwei Beispielen darbieten, kann die nämliche Täuschung auch in mannigfachen Verkleidungen auftreten, in denen ihre Beziehung zu der in Fig. 16 dargestellten Grundform nicht so unmittelbar ersichtlich ist. Man wird gleichwohl überall da die Wirkung derselben Grundmotive wiederum antreffen, wo ähnliche Verhältnisse in einander übergehender oder sonst zu einander in Beziehung stehender Linien wiederkehren, wie sie die typischen Figuren 16—18 zeigen. Aus der Fülle der hier möglichen Fälle mag hier nur die Erscheinung hervorgehoben werden, dass ein Halbkreis kleiner erscheint, wenn ihn ein die Endpunkte verbindender Durchmesser zur Halbkreisfläche abschliesst, als wenn dieser Durchmesser fehlt. (Vgl. meine Physiol. Psychol.[4] II, S. 149, Fig. 174.) Der Halbkreis mit dem Durchmesser entspricht hier der Hälfte der Form *A* in Fig. 16: demnach erscheint zunächst der Durchmesser verkürzt und dann in Folge dessen die ganze Halbkreisfläche verkleinert. Aehnlich erscheint ein Quadrat, an dem die eine Seite fehlt, grösser als ein vollkommen geschlossenes Quadrat; dabei erscheint, wie in andern analogen Fällen, die offene Figur stets in der Richtung, wo sich die Oeffnung befindet, gegenüber der geschlossenen vergrössert (Müller-Lyer, Zeitschr. f. Psychol. X, S. 129, Fig. 20—22). Augenscheinlich handelt es sich hier um das gleiche Motiv wie bei dem Halbkreis; nur kommt es beim Quadrat in der in Fig. 17 repräsentirten Gestalt zur Anwendung.

2) Vgl. besonders Delboeuf, Bulletin de Acad. de Belgique, 3. série, t. XXIV, p. 12, 1892. F. Brentano, Zeitschr. für Psychol. u. Physiologie der Sinnesorgane,

Auf die mannigfaltigen, ausserordentlich verschiedenen Erklärungen dieser Täuschung näher einzugehen, kann aber hier um so eher unterbleiben, als die meisten dieser Theorien bereits in der bisherigen Discussion ihre triftige Widerlegung gefunden haben[1]). Nur diejenigen Annahmen, für die dies nicht gilt, und die dem Zusammenhang der Erscheinung mit anderen Formen geometrisch-optischer Täuschungen einigermassen Rechnung tragen, sollen daher im Folgenden berücksichtigt werden.

Da sich bei der Müller-Lyer'schen Täuschung wieder, wie wir gesehen haben, eine Grössentäuschung und eine, freilich zumeist übersehene und darum auch in den Theorien über dieselbe wenig beachtete perspectivische Täuschung vereinigen, so kann zunächst auch hier die Frage entstehen, welche dieser Täuschungen als die primäre anzusehen sei. Werden aus irgend einem Grunde in Fig. 16 und 17 die Figuren *A* näher, die Figuren *B* ferner, in Fig. 18 die mittlere Parallele von *A* näher, diejenige von *B* ferner gesehen, so ist damit auch nach der allgemeingültigen Beziehung zwischen scheinbarer Grösse und scheinbarer Entfernung bei übereinstimmender Grösse des Netzhautbildes von selbst gegeben, dass die näher gesehenen Figuren und Linien kleiner erscheinen müssen, als die in grössere Entfernung verlegten. Diese Annahme legt daher in der That Thiéry seiner Erörterung der Täuschung zu Grunde, und man kann sagen, dass seine an verschiedenen Modificationen der Figur ausgeführten Versuche derselben insofern nicht widersprechen, als bei diesen Versuchen wirklich zu beobachten ist, dass die perspectivische Täuschung und die Grössentäuschung im allgemeinen einander parallel gehen. Freilich aber liegt darin noch kein zureichender Beweis für die perspectivische Theorie, da jenes Parallelgehen ebenso gut mit der Annahme vereinbar ist, dass umgekehrt, ähnlich wie wir es bei den eingetheilten Figuren bereits gesehen

---

III, S. 350, VI, S. 1. Lipps, ebend. V, S. 61. F. Auerbach, ebend. VII, S. 152. Heymans, ebend. IX, S. 221. Müller-Lyer, ebend. IX, S. 1, X, S. 421. A. Thiéry, Philos. Studien XII, S. 67.

1) Ich verweise in dieser Beziehung besonders auf die oben citirten Arbeiten von Müller-Lyer und Thiéry. Ein werthvolles Material zur Beurtheilung einzelner Theorien haben die von Heymans und Thiéry ausgeführten messenden Versuche über die Grösse der Täuschung unter verschiedenen Bedingungen geliefert.

haben, die Grössentäuschung die Ursache der perspectivischen Täuschung sei. In Wahrheit tritt nun auch hier gegen die primäre Bedeutung der perspectivischen Vorstellung zunächst der nämliche Gesichtspunkt wie dort in die Schranken. Wenn der scheinbare Grössenunterschied nicht die Ursache, sondern die Wirkung der perspectivischen Vorstellung, wenn also diese etwa bloss das Product der allgemeinen Neigung sein sollte, ebene Zeichnungen irgendwie auf den dreidimensionalen Raum zu beziehen, warum werden dann nicht ebenso gut zuweilen die Figuren *B* näher und die Figuren *A* ferner gesehen? Sobald dies einträte, müssten aber auch die Grössentäuschungen der Figuren umkehrbare sein, was sie unbedingt nicht sind. Ist so in Anbetracht einer andern Begründung der perspectivischen Täuschung von vornherein die Annahme, dass dieselbe Wirkung, nicht Ursache der Grössentäuschung sei, die wahrscheinlichere, so wird diese Annahme vollends zur Gewissheit erhoben werden, wenn sich für die primäre, von der Perspective unabhängige Grössentäuschung positive Gründe auffinden lassen.

Einen solchen positiven Grund glaubt nun MÜLLER-LYER in dem von ihm aufgestellten und zur Erklärung noch vieler anderer geometrisch-optischer Täuschungen angewandten Princip der »Confluxion« gefunden zu haben. Nach diesem Princip soll allgemein irgend ein Eindruck durch einen andern begleitenden Eindruck im Sinne des letzteren verstärkt werden. Speciell im vorliegenden Fall also soll man die gleich grossen Linien in den Figuren 16, 17 und 18 deshalb für verschieden gross halten, weil man bei der Abschätzung nicht nur die Linien selbst, sondern unwillkürlich auch einen Theil des zu beiden Seiten derselben abgegrenzten Raumes mit in Anschlag bringe. Dieser ist in der That in den grösser erscheinenden Figuren grösser als in den kleiner erscheinenden; auch stimmt damit die Abstufung der Täuschung in den drei Figuren im allgemeinen überein[1].

HEYMANS, der diese Erklärung bekämpft, freilich mit Einwänden, die, wie MÜLLER-LYER gezeigt hat, in wesentlichen Punkten auf einem Missverständnisse beruhen[2], kommt zu dem Ergebnisse, dass der

1) MÜLLER-LYER, Archiv f. Physiol. 1889, S. 266 f., Zeitschr. f. Psychol. IX, S. 4 ff.

2) HEYMANS, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorg. IX, S. 236 ff. MÜLLER-LYER, ebend. X, S. 421 ff.

verstärkte, »fast physische Zwang« zur Verfolgung der die Enden der Geraden begrenzenden Schenkellinien mit Augenbewegungen die primäre Ursache der Täuschung sei, er stimmt also in dieser Beziehung einer schon bald nach dem ersten Bekanntwerden der Figur von mir geäusserten Vermuthung bei[1]). Er glaubt aber dann, indem er den schon in älteren Theorien in einem sehr umfassenden Sinne auf solche Täuschungen angewandten Begriff des Contrastes auch hier verwerthet[2]), die Täuschung als einen »Bewegungscontrast« auffassen zu sollen. Hierzu veranlasst ihn zunächst das bei messenden Versuchen gewonnene Ergebniss, dass bei zunehmender Verlängerung der auswärts gekehrten Schenkel in den Objecten *B* unserer Figur die Täuschung zuerst zunimmt, dann stationär und endlich rückgängig wird. Dieses mittlere Maximum lasse auf das Gegebensein zweier einander entgegenwirkender Ursachen schliessen. Solche entgegenwirkende Ursachen nimmt nun Heymans in doppeltem Sinne an: einmal sollen die einwärts und die auswärts gekehrten Schenkel der jedesmal verglichenen Objecte entgegengesetzte Wirkungen auf die Blickbewegung ausüben; sodann soll bei beiden Objecten die Wirkung der an den Enden einer Figur liegenden Schenkel jedesmal eine entgegengesetzte sein. Hierbei soll aber die Zunahme der Täuschung auf Rechnung der Anfangsschenkel, die Abnahme derselben auf die der Endschenkel kommen. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme soll darin liegen, dass bei Verlängerung der Schenkel das Uebergewicht der Anfangsschenkel, namentlich bei den auswärtsgerichteten Schenkeln der Zeichnungen *B*, bei denen sich ja allein diese Verlängerung beliebig weit fortsetzen lässt, allmählich geringer werde und schliesslich ganz schwinde. Dies erkläre sich aber daraus, dass im Anfang der Bewegung

1) Physiol. Psychol.[4] II, S. 149. Die Annahme von Delboeuf, die Heymans für identisch mit der meinigen hält, unterscheidet sich wesentlich, insofern D. hier, ebenso wie bei einer Anzahl anderer Täuschungen, eine »Attraction des Blicks« durch benachbarte Linien voraussetzt, eine Hypothese, die sich, wie mir scheint, einerseits nicht beweisen lässt, weil die durch eine solche Attraction erklärten Erscheinungen sämmtlich auch eine andere Deutung zulassen, und die anderseits dadurch widerlegt werden kann, dass man eine Menge von Figuren construiren kann, bei denen die vermuthete »Attraction« eintreten müsste, die aus derselben zu folgernden optischen Täuschungen aber ausbleiben.

2) Zur Kritik dieser Contrasterklärungen vgl. unten § 9.

die Anfangsschenkel nur wenn sie relativ kurz sind direct gesehen werden, in Folge dessen also auf die Ausmessung der Figur den grössten Einfluss ausüben müssten. Werden dagegen die Schenkel verlängert, so nehme die Deutlichkeit beider Schenkel in gleichem Masse ab, und es werde daher das Uebergewicht der täuschungerzeugenden über die täuschunghemmenden Bedingungen allmählich bis zu Null herabsinken[1]).

Die beiden hier skizzirten Theorien, die »Confluxionstheorie« und die »Contrasttheorie«, weichen, wie man sieht, von vornherein schon darin von einander ab, dass die erste Motive geltend macht, die für das bei ruhendem Auge aufgefasste Object wirksam sind, während die zweite der Bewegung den entscheidenden Einfluss zugesteht. Gegen die »Confluxionstheorie« hat man bereits von verschiedenen Seiten Beobachtungen beigebracht, die dem bei ihr angenommenen Einflusse des umgebenden Raumes auf die Grösse einer Linie widerstreiten. So wird bei einer zuerst von Láska beschriebenen Täuschung (Fig. 19) von zwei unter verschiedenen Winkeln an die Enden einer und derselben horizontalen Geraden angesetzten Schenkeln *A* und *B* der den spitzen Winkel begrenzende Schenkel *B*, und nicht, wie es das Confluxionsprincip erfordern würde, der den stumpfen Winkel begrenzende *A* als der grössere geschätzt[2]). Müller-Lyer hat hiergegen eingewandt, dass die Täuschung nicht mehr eintritt oder sich in ihr Gegentheil umwandelt, wenn die Winkel, wie in Fig. 20, von einander getrennt, oder wenn sie, wie in Fig. 21, von einer etwas verkürzten Grundlinie aus der eine nach oben, der andere nach unten gekehrt sind. Müller sucht daher den Widerspruch der Fig. 19 gegen die Confluxionstheorie durch die Annahme zu beseitigen, die Schätzung der beiden Winkelschenkel *ad* und *bc* (Fig. 22) erfolge nicht bloss nach den von ihnen einge-

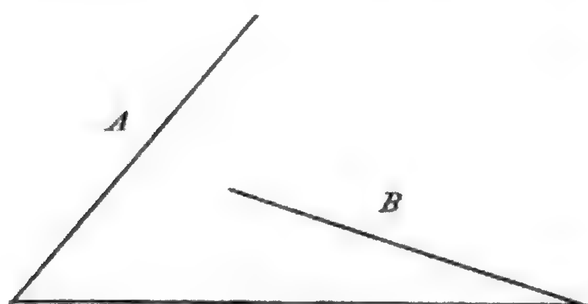


Fig. 19.

1) Heymans, a. a. O. S. 248 ff.

2) Láska, Archiv f. Physiologie 1890, S. 326.

schlossenen Winkeln, sondern ausserdem nach den mittelst der imaginär gezogenen Linie *dc* gewonnenen Winkeln *adc* und *dcb*. Demnach erscheine *ad* in Folge der beiden angrenzenden

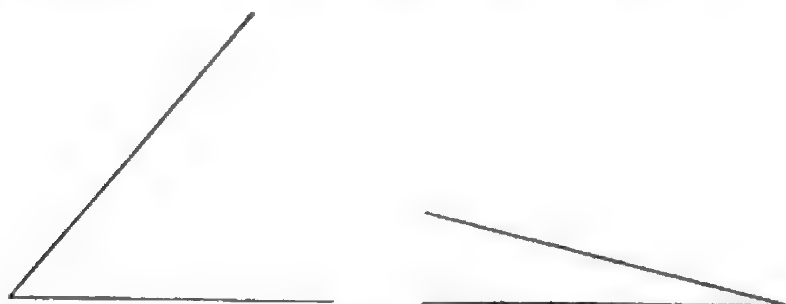


Fig. 20.

spitzen Winkel *dab* und *adc* verkürzt, *bc* aber zwar durch *cba* ebenfalls verkürzt, dagegen durch den stumpfen Winkel *dcb* verlängert. Diese Deduction scheint mir jedoch nicht zwingend zu sein. So gut wie der Winkel *dcb* verlängernd auf *bc*, müsste auch der Winkel *dae* verlängernd auf *ad* wirken. Dies thut er aber auch dann nicht, wenn man die Linie *ae* wirklich zieht, eine Aenderung der Construction, welche die Täuschung völlig unverändert lässt, während man nach der Confluxionstheorie von ihr eine Veränderung, wenn nicht eine Umkehrung der Täuschung erwarten sollte. Auch mit den bei der Betrachtung der Láska'schen Figur zu machen-

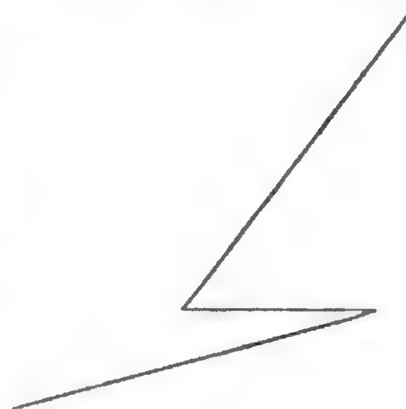


Fig. 21.

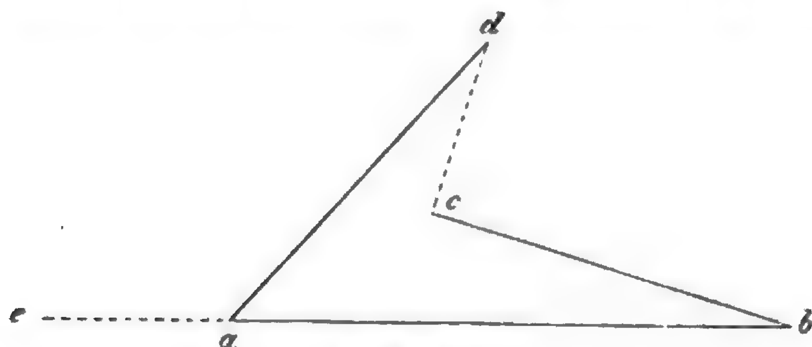
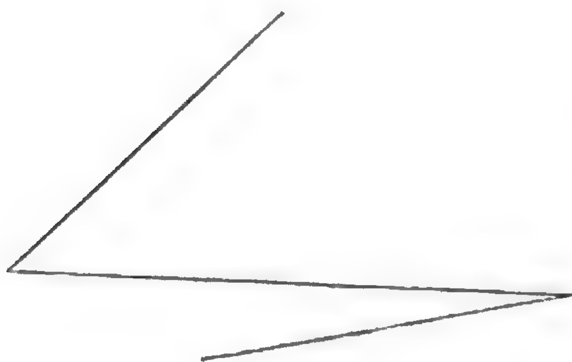


Fig. 22

den subjectiven Beobachtungen steht jedoch, wie mir scheint, die Müller'sche Construction nicht im Einklang. Mir wenigstens ist es unzweifelhaft, dass ich bei der Betrachtung der Fig. 19 vor allem

die horizontale Grundlinie mit dem Auge verfolge und demnach die Grösse der Schenkel *A* und *B* nach der Lage der senkrechten Projectionen auf diese Gerade abschätze. Hieraus erklärt sich dann auch ohne Schwierigkeit, dass die Täuschung schwindet, wenn man die beiden Winkel getrennt construirt, wie in Fig. 20, oder wenn man sie auf eine sehr kurze Grundlinie, die nicht mehr als Fixationslinie für beide dienen kann, aufträgt, wie in Fig. 21. Im ersten Fall vergleicht man die beiden Winkel successiv, und man ist dabei um so mehr genöthigt, die beiden Winkelschenkel zu vergleichen, je weniger spitz der Winkel ist: während man z. B. in Fig. 20 bei dem rechts liegenden Winkel noch leicht die beiden Schenkel in einer einzigen Augenbewegung auffasst, durchläuft man bei dem links liegenden die beiden Winkelschenkel successiv. Aehnlich verhält es sich mit der Fig. 21. Hier können die beiden schräg liegenden Schenkel auf der kurzen Grundlinie nicht mehr vergleichend abgeschätzt, sondern sie müssen successiv durchlaufen werden, was wieder nur bei dem unteren Winkel mit Leichtigkeit in einer einzigen Augenbewegung geschieht. Demnach finde ich denn auch, dass die ursprüngliche Täuschung nicht verschwindet, wenn man die schrägen Linien genau in derselben Weise wie in Fig. 21, aber von einer grösseren Grundlinie aus zieht (Fig. 23). Ebenso bleibt sie, wenn auch in etwas geringerem Grade, bestehen, wenn man, wie in Fig. 24, die beiden Schenkel von einem und demselben Endpunkte der Grundlinie nach oben und unten hin zieht, ein Fall, auf den die Hülfsconstruction der Fig. 22 nicht mehr anwendbar ist.


Fig. 23.

Aehnlich lassen sich noch manche andere Figuren construiren, bei denen nach dem Princip der Confluxion eine bestimmte Täuschung gefordert wird, während in Wirklichkeit eine solche durchaus nicht beobachtet wird. So müsste z. B. in Fig. 25 von den zwei parallelen Geraden *A* und *B* die untere *B* grösser erscheinen als die obere *A*, weil sie von einem grösseren Raum umschlossen ist. Davon ist aber nichts

zu bemerken: beide erscheinen gleich gross, was sie wirklich sind.

Hiernach scheint es mir unzweifelhaft, dass das Princip der Confluxion nicht aufrecht erhalten werden kann, erstens weil nach ihm in vielen Fällen bestimmte Grössentäuschungen erwartet werden müssten, die in Wirklichkeit nicht zu beobachten sind, und zweitens weil die auf dasselbe zurückgeführten Täuschungen ungezwungener und in Uebereinstimmung mit den bei der Ausmessung der Figuren zu machenden subjectiven Beobachtungen aus den Bedingungen erklärt werden können, die bei dieser Ausmessung durch die vorhandenen Fixationslinien der Bewegung des Auges gestellt sind. Hiermit stimmt denn auch überein, dass alle hier beschriebenen Grössentäuschungen durch starre Fixation vermindert und in einzelnen Fällen ganz beseitigt werden, eine Thatsache, die aus dem lediglich auf die Ausmessungen des ruhenden Netzhautbildes gegründeten Princip der Confluxion absolut nicht zu erklären ist. An Fig. 19 ist dies ohne weiteres wahrzunehmen, wenn man irgend einen über der Grundlinie, zwischen ihr und dem Schenkel *B* gelegenen Punkt als Fixationspunkt wählt. Um das Gleiche bei der viel stärkeren Täuschung der Fig. 16 zu erreichen, muss man, wie es in Fig. 26 geschehen ist, die beiden zu vergleichenden parallelen Geraden so ziehen, dass ihre Endpunkte bei horizontaler Lage genau vertical über einander, bei verticaler genau horizontal neben einander liegen. Fixirt man dann starr einen Punkt

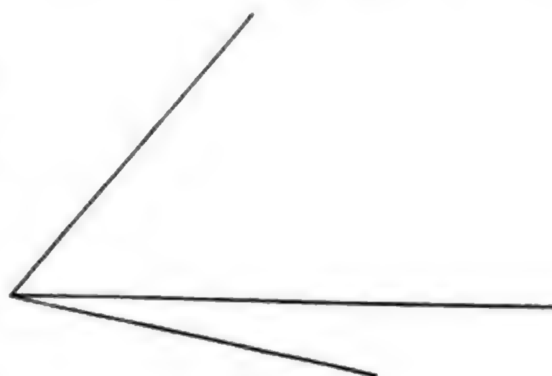


Fig. 24.

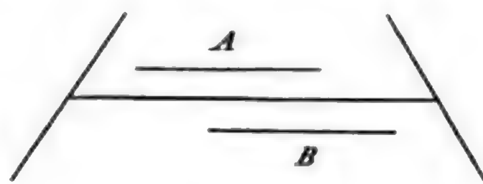


Fig. 25.

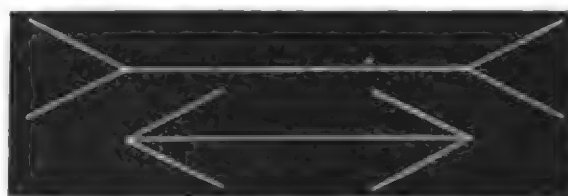


Fig. 26.

zwischen den Linien, so vermindert sich die Täuschung bedeutend, um bei der leisesten Blickbewegung wieder aufzutreten. Unterstützt wird das Verschwinden der Täuschung, wenn man die Endpunkte der Linien durch Senkrechte verbindet. Bei dieser Aufhebung der Grössentäuschung durch starre Fixation beobachtet man aber noch eine andere bemerkenswerthe Erscheinung. Man sieht nämlich, wie gewöhnlich bei starrer Fixation, die begleitende perspectivische Täuschung zunehmen: *B* erscheint im Vergleich mit *A* so nach der Tiefe des Raumes verlegt, dass es nun gleichzeitig objectiv viel grösser als *A*, subjectiv aber, abgesehen von dieser verschiedenen Entfernung, in gleicher scheinbarer Grösse gesehen wird. Man wird sich bei diesem Versuch des gleichen Gesichtswinkels, unter dem die Objecte erscheinen, gewissermassen unmittelbar bewusst, verlegt aber eben deshalb um so mehr *B*, da die Neigung fortbesteht es grösser zu sehen, in entsprechend grössere Entfernung. Die perspectivische Vorstellung hat auf diese Weise augenscheinlich die Bedeutung einer Compensation der Täuschung nach den Bedingungen des Netzhautbildes, woraus indirect zugleich hervorgeht, dass in dem Netzhautbilde selbst die Ursache der Täuschung nicht liegen kann.

So wenig wie die »Confluxionstheorie« dürfte nun aber die von HEYMANS entwickelte »Contrasttheorie« haltbar sein. Vielmehr scheinen mir die zwei Anwendungen, die hierbei von dem Begriff des Contrastes gemacht werden, falsche, mit der anerkannten Bedeutung dieses Begriffs im Widerspruch stehende Uebertragungen zu sein. Erstens sollen nämlich die ein- und auswärts gerichteten Schenkel der beiden Figuren *A* und *B* (Fig. 16) contrastirende Wirkungen auf die Blickbewegung ausüben. Aber *A* erscheint auch dann verkürzt, *B* verlängert, wenn man, wie in Fig. 27, jede von ihnen mit einer einfachen geraden Linie *C* von gleicher Grösse vergleicht, wie man sich namentlich bei abwechselndem Verdecken der Figur *A* oder *B* leicht überzeugt. Die Verkürzung und Verlängerung ist in diesem Fall allerdings merklich geringer, als wenn die beiden Figuren mit einander verglichen werden. Aber dies erklärt sich doch einfach daraus, dass im letzteren Fall eben eine Summationswirkung stattfindet, die sich aus der verkürzenden Wirkung des einen und der verlängernden des andern Momentes zusammensetzt. Nun ist es allerdings nicht unwahrscheinlich, dass die Verkürzung und Verlänge-

rung der Linien *A* und *B* in Bezug auf einander stärker ist, als die Summe der Verkürzungen und Verlängerungen in Bezug auf *C*, und diese Wirkung ist dann zweifellos als eine Contrastwirkung zu bezeichnen, denn sie besteht darin, dass von den zwei Linien die verkürzte noch mehr verkürzt, die verlängerte noch mehr verlängert erscheint. Aber erstens ist dieser Effect nicht die ursprüngliche Bedingung der Täuschung, sondern er ist erst auf Grund der vorhandenen Täuschung möglich; und zweitens kann dieser Contrast nicht als ein »Bewegungscontrast« bezeichnet werden, sondern er besteht zwischen den scheinbaren Dimensionen der Figuren als solchen, abgesehen davon, ob wir sie mit bewegtem Blick durchlaufen oder nicht.

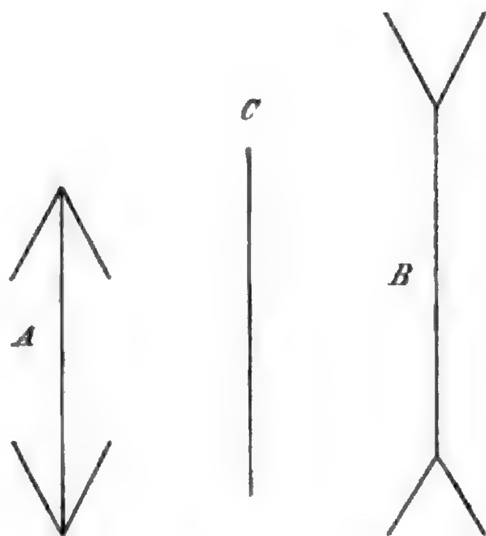


Fig. 27.

Die zweite, complicirtere Contrastwirkung, welche von Heymans speciell zur Erklärung des Einflusses der Schenkellänge verwendet wird, soll darin bestehen, dass diejenigen Schenkel, von denen die Bewegung ausgeht, jedesmal die stärkere Wirkung ausüben, weil dabei die entgegengesetzten Endschenkel nur indirect gesehen würden. Demnach soll die Grösse der Täuschung jedesmal auf der Wechselbeziehung zwischen jenem täuschungerzeugenden und diesem täuschunghemmenden Einflusse beruhen. Beide Einflüsse werden deshalb als contrastirende und die Täuschung selbst als Effect der Grösse ihres Contrastes betrachtet. Nehmen wir nun selbst für einen Augenblick an, die Interpretation des Einflusses der Schenkellänge auf die Grösse der Täuschung, auf die sich dieser Theil der Contrasttheorie stützt, sei haltbar, so würde wiederum auch hier die Subsumtion der entgegengesetzten Wirkungen der direct und der indirect gesehenen Schenkel unter den Begriff des Contrastes eine falsche Anwendung dieses Begriffs sein. Eine Wirkung entgegengesetzter Kräfte auf irgend eine Erscheinung ist nämlich keineswegs an und für sich schon ein Contrastphänomen. Wenn, wie angenommen wird, die direct gesehenen Schenkel täuschungerzeugend, die indirect gesehenen täuschung-

hemmend wirken, so ist die Täuschung selbst eine Resultante aus diesen entgegengesetzten Wirkungen, gerade so wie die Geschwindigkeit eines Körpers, auf den Kräfte in entgegengesetzter Richtung einwirken, die Resultirende dieser Kräfte, aber kein Contrastphänomen ist. Doch ist in diesem Falle nicht bloss die Anwendung des Contrastbegriffs eine unzulässige, sondern auch jene Interpretation der Wirkung der Schenkel, auf der diese Anwendung beruht, scheint mir sehr erheblichen Bedenken zu begegnen. Zunächst ist die Annahme, dass die direct und die indirect gesehenen Theile der Figur in einen Gegensatz zu einander treten, eine vollkommen hypothetische: in den Beobachtungen selbst ist nichts davon wahrzunehmen, wohl aber gibt die Beobachtung andere Motive an die Hand, die jenen Einfluss vollkommen begreiflich erscheinen lassen. Fügt man an je zwei Gerade von gleicher Länge unter gleichen Winkeln divergirende Schenkel von sehr ungleicher Länge an (Fig. 28 *A* und *B*), so bemerkt man ohne weiteres, dass sich der Richtungsunterschied der Schenkel und der Geraden um so stärker geltend macht, je länger die Schenkel sind. Erscheinen diese in *B* als unerhebliche Abweichungen von der Geraden, so bilden dagegen in *A* die von den Schenkeln umschlossenen Räume selbständige Raumgebilde, zwischen denen die Gerade eine verbindende Achse bildet. Bei der ungezwungenen Durchmessung der Figur mit bewegtem Auge bemerkt man nun sofort die verschiedene Wirkung, die dies auf den Blick ausübt. Während dieser in *B* über die Ansatzpunkte der Schenkel leicht bis zum Ende der Figur hinweggleitet, wird er in *A* an jenen

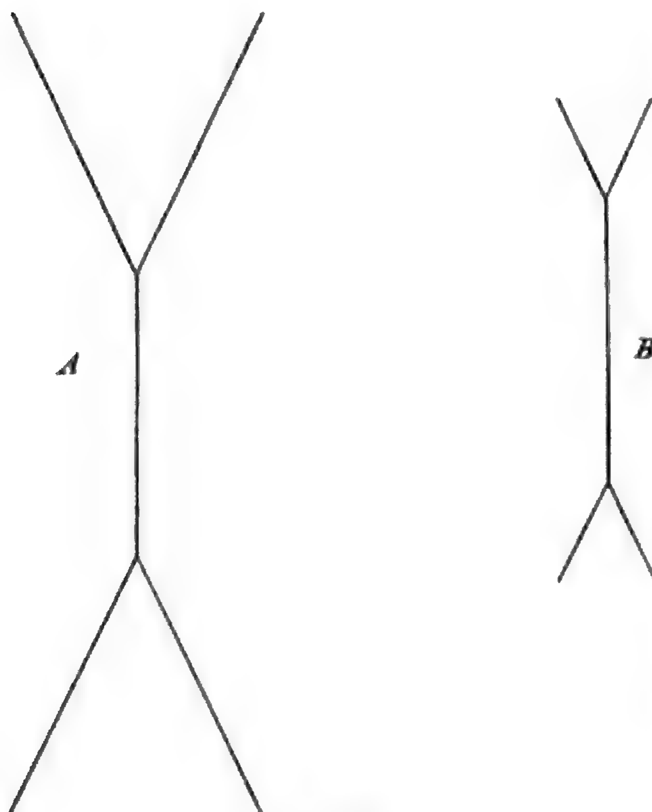


Fig. 28.

festgehalten, worauf dann von ihnen aus die selbständige Auffassung der von den divergirenden Schenkeln eingeschlossenen Räume erfolgt. In dem Masse als die Schenkel länger werden, bilden demnach die Ansatzstellen derselben ähnliche Hemmungen für den Blick, wie solche bei der entgegengesetzten Form der Figur (Fig. 27 *A*) durch die rückläufige Bewegung der Schenkel entstehen. So wird denn auch in der Grössenauffassung der beiden Figuren allmählich eine Grenze erreicht, wo die Täuschung verschwindet. Zugleich muss sich aber von dieser Grenze an, wie schon Müller-Lyer[1]) bemerkt hat, gemäss den in § 7 zu besprechenden Associationstäuschungen, zwischen den beiden Formen *A* und *B* in Fig. 28 ein echter Contrast geltend machen, indem, wenn man die von den Schenkeln eingefassten Räume als selbständige Gebilde auffasst, von zwei gleich grossen Raumstrecken, welche Raumgebilde von verschiedener Ausdehnung trennen, die zwischen den grösseren Gebilden liegende Strecke durch den Contrast kleiner, die zwischen den kleineren liegende aber grösser erscheint. Das ist, wie wir sehen werden, in der That eine echte, durch zahlreiche analoge Erscheinungen gestützte Contrastwirkung, die aber mit dem von Heymans angenommenen falschen Contrastbegriff gar nichts zu thun hat, und die sich übrigens auch bei starrer Fixation ebenso geltend macht, wie bei bewegtem Auge. Nicht als die Ursache dieser Grössentäuschung, wie es Thiéry[2]) auffasst, sondern als die Wirkung derselben muss es aber betrachtet werden, dass dann auch wieder eine perspectivische Täuschung in Fig. 28 auftritt, indem *A* näher, *B* ferner zu sein scheint. Ist die perspectivische Täuschung von Anfang an dadurch bedingt, dass bei gleicher Grösse des Netzhautbildes das grösser erscheinende Object in weitere Entfernung verlegt wird, so muss natürlich jede Aenderung dieser Bedingung auch die Tiefenprojection in entsprechendem Sinne ändern.

Können demnach weder die Voraussetzungen der »Confluxionstheorie« noch die der »Contrasttheorie« als haltbare Grundlagen für die Erklärung der Müller-Lyer'schen Täuschung anerkannt werden, so weisen nun aber schon die bei der Kritik dieser Theorien

1) Müller-Lyer, a. a. O. S. 14.
2) Thiéry, a. a. O. XV, S. 82.

besprochenen subjectiven Beobachtungen über die stattfindenden Blickbewegungen sowie über die unter gewissen Bedingungen eintretende Aufhebung der Täuschung bei starrer Fixation der Objecte auf die in der Beschaffenheit der letzteren gelegenen Motive der Blickbewegung als das entscheidende Moment hin. Nicht die Blickbewegung als solche, sondern die Motive derselben müssen aber als dieses Moment bezeichnet werden, weil ja im allgemeinen, von den oben erwähnten besonderen Versuchsbedingungen abgesehen, auch für den fixirenden Blick die Täuschung, wenngleich meist in etwas vermindertem Grade, andauert. Auch bei ruhendem Auge wird aber immerhin von Motiven der Blickbewegung geredet werden können, insofern in den Eigenschaften einer Figur der Antrieb zur Ausführung einer bestimmten Bewegung auch dann liegen kann, wenn diese Bewegung, etwa weil eine entgegenwirkende willkürliche Hemmung dies verhindert, nicht wirklich ausgeführt wird. In diesem Sinne bildet erfahrungsgemäss jede Fixationslinie, an welcher der Blick entlang laufen kann, ein Bewegungsmotiv. Aus diesem bestimmenden Einfluss der Fixationslinien auf die Bewegung des Auges erklärt sich aber die Müller-Lyer'sche Täuschung, sobald wir voraussetzen, dass die wirklich ausgeführte Bewegung oder der Antrieb zu einer solchen in dem Sinne einen Einfluss auf die räumliche Schätzung ausübt, dass durch sie die der wirklichen oder intendirten Bewegung entsprechenden Raumstrecken, falls nicht entgegenstehende Bedingungen einwirken, grösser geschätzt werden, als es ohne diesen Einfluss stattfinden würde.

Diese Voraussetzung wird nun in der That, insoweit sie einen Einfluss der Augenbewegungen auf die räumliche Auffassung überhaupt in sich schliesst, durch die in § 2 erörterten Bedingungen der »umkehrbaren Täuschungen«, und, insoweit sie speciell einen Einfluss auf die Grösse geschätzter Strecken annimmt, durch die im ersten Theil dieses Paragraphen untersuchten Täuschungen in Folge der Ausfüllung geschätzter Strecken bestätigt. Die umkehrbaren Täuschungen zeigen unwiderleglich, dass die Richtung, in der die Fixationslinien entweder wirklich durchlaufen werden oder in Folge der stattfindenden Fixationsstellung des Auges einen Antrieb zu ihrer Durchmessung ausüben, für die Form, in der die Theile eines Bildes in die Tiefe des Raumes projicirt werden, entscheidend ist. Die

Täuschungen in Folge der Ausfüllung geschätzter Strecken weisen darauf hin, dass die Strecken, deren Durchmessung eine durch Fixirpunkte unterbrochene oder durch Fixirlinien vorgeschriebene Blickbewegung fordert, grösser erscheinen als solche, die ohne Fixirpunkte oder vollkommen frei, nicht auf vorgeschriebenem Wege zurückgelegt werden können. Die Müller-Lyer'sche Täuschung führt nun im Einklange hiermit zu dem weiteren Schlusse, dass eine Strecke, die durch Fixationslinien ein Motiv zur Fortsetzung der Bewegung in gleicher Richtung enthält, grösser, und dagegen eine andere Strecke, die durch ebensolche Linien von entgegengesetzter Richtung ein Motiv zur Hemmung der Bewegung enthält, kleiner geschätzt wird als eine gleich grosse Strecke, bei deren Durchmessung solche Motive nicht wirksam sind. Die scheinbare Verlängerung der Linie *B* in Fig. 16—18 steht demnach in Analogie mit der Verlängerung der Linien *B* und *b* in Fig. 10 und 11; und die Verkürzung der Linie *A* in Fig. 16—18 steht ebenso in Analogie mit der Verkürzung der nur einen einzigen Fixationspunkt enthaltenden Linie *a* in Fig. 14.

Die gegebene Deutung ist nun aber nicht bloss im Einklang mit den für die Erklärung der umkehrbaren Täuschungen und der Grössentäuschungen durch Eintheilung von Figuren gewonnenen Principien, sondern der in ihr angenommene Einfluss der Fixationslinien lässt sich auch durch geeignete Modificationen der Täuschungsmotive direct nachweisen. So bietet zunächst in der zuerst von Delboeuf gezeichneten und dann von Thiéry einigen messenden Versuchen unterworfenen Fig. 29 (f. S.) die obere Figur I eine etwas abgeschwächte Modification der gewöhnlichen Form der Müller-Lyer-schen Vergrösserungstäuschung (*B* Fig. 16). Ein jederseits an die Linie *CD* angesetzter Halbkreis würde eine etwas stärkere, etwa der in Fig. 17 (S. 89) stattfindenden gleichkommende Vergrösserung bewirken. Zieht man nun in den angefügten Kreisen Linien, die der Geraden *CD* parallel sind, wie in Fig. II, so nimmt die Täuschung zu; zieht man umgekehrt Linien, die auf *CD* senkrecht stehen, wie in Fig. III, so nimmt sie ab. Unter den drei objectiv einander gleichen Linien *CD*, $\gamma\delta$ und *cd* in Fig. 29 erscheint daher *cd* am kleinsten, $\gamma\delta$ am grössten, und *CD* hält die Mitte zwischen beiden. Dieses Verhältniss lässt sich aber nur darauf zurückführen, dass in II die in den Kreisen angebrachten Linien Fixationslinien abgeben, welche

die Durchmessung der mittleren Linie $\gamma\delta$ in gleicher Richtung fortzusetzen auffordern, während in III die senkrechten Linien umgekehrt eine hemmende Wirkung auf die Bewegung ausüben. Nebenbei sind die Kreise selbst in diesem Fall noch einer Grössentäuschung unterworfen, die der in Fig. 12 *A* und *B* (S. 85) dargestellten entspricht. Die Kreise in II erscheinen nämlich in Folge der Richtung der Theilungslinien nach dem dort erläuterten Princip in der Höhe, die Kreise in

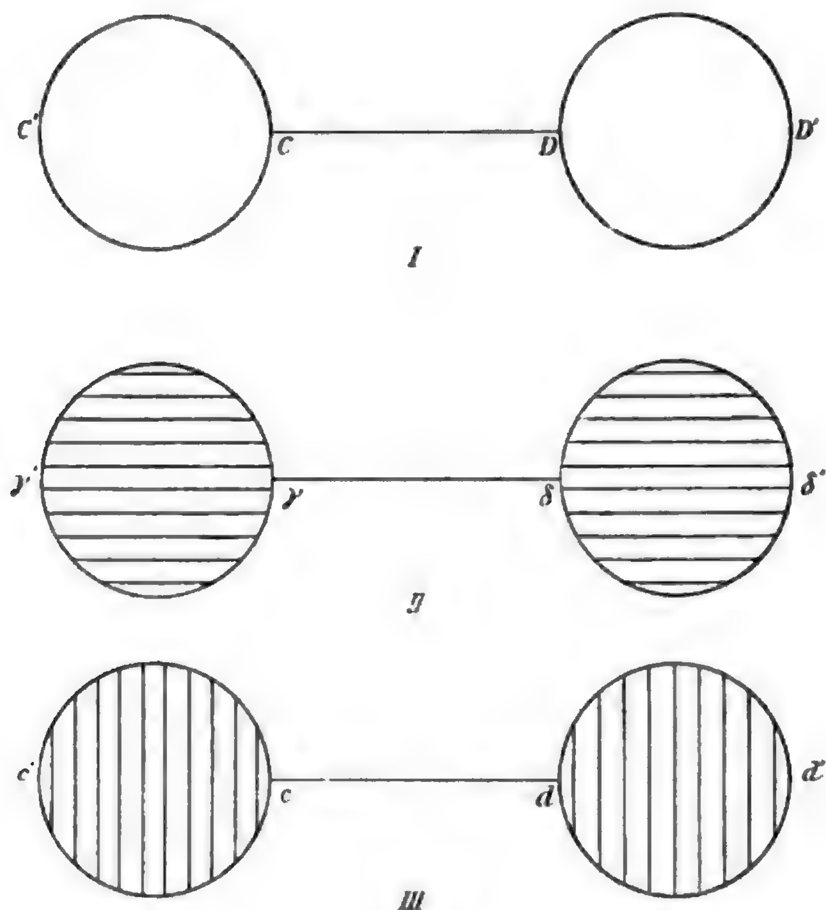


Fig. 29.

III in der Breite vergrössert. In Folge dessen verhalten sich die inneren Durchmesser $\gamma\delta$ und cd und die äusseren Durchmesser $\gamma'\delta'$ und $c'd'$ entgegengesetzt. In II erscheint gegenüber III $\gamma\delta$ vergrössert und $\gamma'\delta'$ verkleinert. Dieser Gegensatz der Täuschungen entspringt demnach aus einer Durchkreuzung verschiedener Motive der Grössenschätzung, die jedoch schliesslich auf ein und dasselbe Grundmotiv, nämlich auf die Bewegung des Auges zurückführen.

Wie die Wirkung dieses Grundmotivs der Bewegung näher zu erklären ist, das zu untersuchen kann nun selbstverständlich erst

unsere Aufgabe sein, wenn alle auf dasselbe zurückführenden Täuschungen, insbesondere also auch die, wie wir sehen werden, den hier behandelten Streckentäuschungen nahe verwandten Richtungstäuschungen eingehender erörtert sind. Einstweilen mag nur hervorgehoben werden, dass es nicht nur allen sonstigen psychologischen Erfahrungen widerstreiten würde, sondern auch mit den näheren Bedingungen des Einflusses der Augenbewegungen schwerlich in Einklang zu bringen wäre, wenn man etwa annehmen wollte, dass wir von der Grösse einer ausgeführten oder auszuführenden Bewegung ein unmittelbares Bewusstsein besässen, und dass sich uns deshalb ohne weiteres die grössere oder geringere Anstrengung der Bewegung oder auch das grössere oder geringere Mass der Widerstände, das sie findet, in eine grössere oder kleinere Raumstrecke übertrage.

§ 4. Constante Streckentäuschungen.

Wir haben uns oben auf solche Streckentäuschungen beschränkt, die stets zugleich mehr oder minder deutlich von perspectivischen Nebenvorstellungen begleitet waren. Insofern sich diese letzteren einerseits als Wirkungen, nicht als Ursachen der vorhandenen Grössentäuschungen nachweisen liessen, und insofern anderseits eben deshalb die perspectivische Vorstellung nur aus der Geltendmachung der trotz der Streckentäuschung unverändert gebliebenen Grösse des Netzhautbildes erklärt werden kann, führt in diesem Falle indirect schon die perspectivische Wirkung zu der Forderung, dass diese Streckentäuschungen eben aus andern als aus den eigentlich optischen Eigenschaften des Bildes entspringen müssen, einer Forderung, welcher dann durch die Nachweisung der Bewegungseinflüsse Genüge geschieht.

Dem gegenüber steht nun eine Anzahl ursprünglicher Streckentäuschungen, die von perspectivischen Nebenvorstellungen vollkommen frei sind, bei denen aber auch anderseits alle jene Motive der Eintheilung der Figuren und der Fortsetzung der Bewegung entlang bestimmten Fixationslinien oder der Hemmung der Bewegung hinwegfallen. In Folge dessen ist uns bei ihnen zugleich jene Mannigfaltigkeit experimenteller Variationen, die in den bisher behandelten Fällen der Ermittelung der näheren Bedingungen der Täuschungen zu statten kamen, versagt. Wir können daher diese

Classe von Täuschungen, den bisher erörterten, in Folge der angegebenen Bedingungen variirbaren gegenüber, als constante Streckentäuschungen bezeichnen.

Principiell könnte es scheinen, als wenn diese Constanz die hierher gehörigen Täuschungen allen andern voranzustellen geböte. Aber da sich eine solche Constanz doch nur durch die Unveränderlichkeit gegenüber allen Variationen zu erkennen gibt, also die vorangehende Anwendung dieser Variationen voraussetzt, so ist für eine experimentelle Behandlung der Probleme der umgekehrte Weg vorzuziehen. Nebenbei gewährt er in den zuverlässiger zu ermittelnden Bedingungen der variabeln Täuschungen immerhin einen gewissen Stützpunkt für die Interpretation der eben wegen ihrer Constanz einer solchen weit unzugänglicheren constanten Täuschungen.

Die Gesammtheit dieser constanten Streckentäuschungen lässt sich am einfachsten an einer regulären Kreuzfigur demonstriren, deren verticale und horizontale Schenkel sich in ihrer Mitte durchschneiden (Fig. 30). Die allseitige Symmetrie dieser Figur erscheint in Folge constanter Täuschungen in dreifachem Sinne aufgehoben: 1) die verticale Dimension erscheint grösser als die horizontale; 2) der obere der beiden verticalen Schenkel erscheint meist grösser als der untere; 3) der äussere der horizontalen Schenkel erscheint bei monocularer Betrachtung (bei der binocularen compensiren sich begreiflicher Weise die Täuschungen rechts und links) in der Regel grösser als der innere Schenkel[1]). Die erste dieser Täuschungen ist die bedeutendste, und sie scheint zugleich individuell die variabelste zu sein: sie schwankt bei einer Länge der Linien von 30—80 mm bei verschiedenen Personen

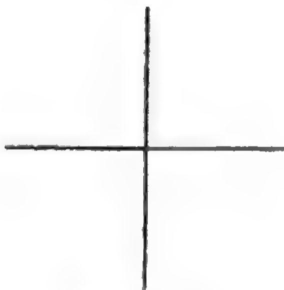


Fig. 30.

1) Die erste dieser Täuschungen wurde von Oppel entdeckt (Jahresber. des physik. Vereins zu Frankfurt a. M. 1854—55, S. 38 ff.). Von mir wurde sie ohne Kenntniss der Veröffentlichung Oppel's aufgefunden und alsbald auf die Asymmetrie der Muskelanordnung des Auges zurückgeführt (Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 158). Neuerdings hat endlich Holtz, ebenfalls ohne Kenntniss der früheren Beobachtungen, auf sie aufmerksam gemacht (Wiedemann's Ann. X, S. 158). Die zweite Täuschung ist zuerst von Delboeuf (Bulletin de l'Académie roy. de Belgique 2me sér. XIX, 2, p. 9), die dritte von Kundt (Poggendorff's Annalen, CXX, S. 118) gesehen worden.

zwischen $\frac{1}{7}$ und $\frac{1}{20}$. Die zweite Täuschung ist erheblich kleiner: sie beträgt bei gleicher Länge durchschnittlich $\frac{1}{16}$. Die dritte Täuschung ist die kleinste: sie beträgt etwa $\frac{1}{40}$. Abgesehen von den individuellen Unterschieden scheinen auch solche je nach der Grösse der Linien vorzukommen, indem diesseits einer gewissen Grösse, etwa von einer Länge der Kreuzschenkel von 10 mm an, die Täuschung abnimmt; doch bedarf dieser Punkt noch der näheren Untersuchung[1].

Solche theils individuelle, theils von gewissen Wahrnehmungsbedingungen abhängige Schwankungen können natürlich nicht davon abhalten, alle diese Täuschungen, den früher besprochenen gegenüber, als constante zu bezeichnen. Sie sind dies eben in demselben Sinne, in welchem es überhaupt nur psychophysische Constanten gibt: insofern es sich nämlich dabei bloss um relativ feste Werthe handelt, die, weil sie in bestimmten Organisations- oder Functionseigenschaften ihre Grundlage haben, schliesslich nur eine individuelle und durch gewisse äussere Bedingungen beschränkte Gültigkeit haben, immerhin aber bei verschiedenen Individuen durchgehends nach derselben Richtung liegen und in der Regel auch nur unerhebliche Abweichungen darbieten.

Dass nun diese constanten Täuschungen auf jene bei der Beobachtung willkürlich abzustufenden und eventuell auszuscheidenden Bedingungen zurückzuführen seien, aus denen die oben beschriebenen variabeln Streckentäuschungen abgeleitet werden konnten, davon kann selbstverständlich keine Rede sein. Alle dort nachgewiesenen Bedingungen, wie Eintheilung der Strecken, Richtung der Fixationslinien u. dergl., sind in diesem Falle für die verschiedenen Schenkel der regulären Kreuzfigur in Fig. 30 völlig übereinstimmende. Unter allen bisher für die Streckenschätzung als bedeutsam erkannten Momenten könnte daher nur ein einziges noch in Frage kommen: das ist eine möglicher Weise anzunehmende verschiedene perspectivische

---

1) In Bezug auf die Unterschiede von vertical und horizontal liegen solche Versuche von Chodin (Archiv f. Ophthalmologie, XXIII, 1, S. 99 ff.) und von R. Fischer (ebend. XXXVII, 1, S. 97 ff.) vor. Auch die zweite und dritte Täuschung zeigen jedenfalls erhebliche individuelle Unterschiede. Fischer fand sie in seinem stark myopischen Auge sogar entgegengesetzt der normalen Richtung, die aber nach verschiedenen Beobachtungen jedenfalls die überwiegende ist.

Projection der einzelnen Theile der Figur. Im Unterschiede von den in § 3 erörterten variabeln Täuschungen, bei denen die perspectivische Täuschung erst als eine Folge der Streckentäuschung nachgewiesen werden konnte, würde dann bei diesen constanten Täuschungen das umgekehrte Verhältniss bestehen: die Streckentäuschung würde als eine Folge perspectivischer Vorstellungen, die man mit der Auffassung der Figur verbände, anzusehen sein.

In der That liegt es nahe, in diesem Sinne vor allem die scheinbare Abweichung der verticalen von der horizontalen Dimension und dann folgeweise auch die des oberen vom unteren verticalen Kreuzesschenkel zu deuten. Erwägt man nämlich, dass wir nur bei der Primärstellung mit abwärts gekehrter Gesichtslinie eine Zeichnung in einer zur Blicklinie senkrechten Lage der Blickebene zu betrachten pflegen, dass dagegen dies bei einer Augenstellung oberhalb der Primärstellung bei nahen Objecten zumeist in einer geneigten Lage mit vom Auge weggekehrtem oberen und ihm zugekehrtem unteren Theil der Blickebene geschieht, so könnte man von den beiden erwähnten Täuschungen die folgende Interpretation geben. In der Mehrzahl der Fälle haben wir ein Object, z. B. ein Kreuz mit gleichen Schenkeln oder ein Quadrat, in schräger Lage zur Gesichtslinie gesehen, so also, dass der verticale Durchmesser des Objectes perspectivisch verkürzt erschien, und zwar, da bei dieser Projection die obere Hälfte des um seine horizontale Achse gedrehten Objectes vom Auge weg-, die untere ihm zugekehrt ist, zugleich jene etwas mehr als diese verkürzt erschien. In Folge dieser gewohnheitsmässigen perspectivischen Verkürzungen muss nun aber ein Netzhautbild, das einer wirklichen symmetrischen Figur entspricht, im entgegengesetzten Sinne verändert erscheinen, so also, dass die verticale Dimension grösser erscheint als die horizontale, und die obere Hälfte der ersteren grösser als die untere. Um auf analoge Weise die scheinbare Vergrösserung der äusseren Hälfte des horizontalen Diameters zu deuten, müsste man dann noch annehmen, dass wir überdies geneigt seien, ein linear gezeichnetes Object bei monocularem Sehen auf eine Ebene zu beziehen, die nach aussen vom Sehenden weggekehrt sei, wodurch auch hier wieder das exacte Netzhautbild einer wirklich regulären Figur eine Täuschung von umgekehrter Richtung erzeugen müsste.

Diese ganze perspectivische Interpretation begegnet jedoch schweren Bedenken. Zunächst lässt sich für die zuletzt berührte Drehung der Aussenhälfte des monocularen Sehfeldes kaum irgend ein in Gewohnheiten des Sehens liegender Grund anführen, wie ein solcher für die zuerst erwähnten Täuschungen immerhin in den Verhältnissen des Sehens naher Objecte allenfalls angenommen werden könnte. Sodann gilt gegen alle Theile dieser Erklärung, dass sie Wirkungen perspectivischer Vorstellungen auch da annimmt, wo solche Vorstellungen in keiner Weise, auch wenn man noch so sehr durch den Versuch einer willkürlichen Erweckung der entsprechenden räumlichen Vorstellungen nachzuhelfen sucht, aufgefunden werden können. Das steht aber im Widerspruch mit allem, was sowohl bei den umkehrbaren Täuschungen wie bei jenen eindeutigen perspectivischen Täuschungen, die als Wirkungen bestimmter Streckentäuschungen auftreten, zu beobachten ist. Dort wie hier kann eine perspectivische Vorstellung zuweilen unterbleiben, oder man kann sie im zweiten Fall übersehen, weil die begleitende Grössentäuschung vorwiegend die Aufmerksamkeit fesselt. Aber einmal auf sie hingewiesen, kann man ihr nicht mehr entgehen, falls man sich überhaupt nur erst die auch zu dieser perspectivischen Auffassung ebener Zeichnungen erforderliche Uebung erworben hat. Dieser Thatsache gegenüber, dass ein für die Perspective geübtes Auge überall da, wo etwa mit ihr zusammenhängende andere Täuschungen auftreten, die perspectivischen Vorstellungen wirklich wahrnimmt, erscheint es gewiss höchst bedenklich, die Wirkung solcher Vorstellungen auch da noch vorauszusetzen, wo sie selbst absolut nicht wahrzunehmen sind.

Hierzu kommt endlich als der entscheidendste Grund die Vergleichung mit allen andern Täuschungen, bei denen die perspectivische Vorstellung als primäre, nicht erst als secundäre, aus andern Täuschungen abzuleitende Täuschung auftritt. In allen diesen in § 2 eingehend erörterten Fällen zeigt sich die Form der Täuschung abhängig von den Stellungen und Bewegungen des Auges, und es ist demnach, weil diese Stellungen und Bewegungen nach entgegengesetzten Richtungen möglich sind, die Täuschung selbst stets eine umkehrbare, wie sehr auch in gewissen Fällen durch bestimmte, vorzugsweise eingeübte Fixirpunkte und Bewegungen eine bestimmte Form der perspectivischen Vorstellung bevorzugt sein mag. Wollte man

nun sogar zugeben, eine perspectivische Vorstellung könne noch dann Wirkungen ausüben, wenn sie selbst gar nicht wahrzunehmen ist, so müsste man wenigstens erwarten, dass die nämlichen Bedingungen, die nach allgemeingültigen Gesetzen die Form der perspectivischen Vorstellung verändern, in diesem Falle deren nachweisbare Wirkungen auf die Streckenschätzung ebenfalls veränderten. Gerade darin aber bewähren sich die erwähnten Täuschungen an der regulären Kreuzfigur (Fig. 30) und die ihnen entsprechenden an andern geometrischen Figuren als constante, dass sie schlechterdings, wie man auch Stellungen und Bewegungen des Blicks ändern möge, nicht umkehrbar sind. Wäre man geneigt, die verticale Achse des Kreuzes mit ihrem unteren Ende dem Beschauer zugekehrt zu sehen, so müsste sich diese scheinbare Lage nach den bei den umkehrbaren Täuschungen entwickelten Regeln ändern, wenn man, statt von unten nach oben, von oben nach unten jene Linie durchläuft, u. s. w. Alle solche Veränderungen sind aber ohne Einfluss auf die Täuschung. Nur dies bemerkt man bei den Bewegungen des Blicks, und dadurch treten allerdings diese constanten Täuschungen in eine Beziehung zu den variabeln Streckentäuschungen, dass die Grösse der Täuschungen bei Bewegungen längs der Fixationslinien etwas zunimmt und sich bei starrer Fixation vermindert.

Ist hiernach die perspectivische Theorie in dieser Anwendung unhaltbar, so kann füglich nur noch an zwei Bedingungen der constanten Täuschungen, nämlich entweder an dioptrische oder an musculäre Asymmetrien des Auges, gedacht werden. Von dioptrischen Asymmetrien kann aber in diesem Fall, wiederum wegen des constanten Charakters der Täuschungen in Bezug auf bestimmte Richtungen des Raumes, nicht die Rede sein. Der reguläre Astigmatismus, der hier allein in Frage kommen könnte, kann allerdings die Ursache sein, dass z. B. eine horizontale Strecke undeutlicher gesehen und daher auch in Bezug auf ihre Grösse anders geschätzt wird als eine gleich grosse verticale. Aber der reguläre Astigmatismus ist eine individuell äusserst variable, bei zahlreichen Augen ganz fehlende Erscheinung, während es sich hier um constante Täuschungen handelt. Die astigmatischen Bildverzerrungen können ferner durch eine den Astigmatismus aufhebende cylindrische Brille beseitigt werden, was bei den erwähnten constanten Täuschungen ebenfalls nicht zutrifft.

So bleibt nur übrig, primäre musculäre Asymmetrien, d. h. solche Abweichungen in den Functionen der Bewegung des Auges anzunehmen, die für ein bestimmtes Individuum relativ constant und im allgemeinen auch bei verschiedenen Individuen von gleicher Richtung sind. Wenn man bedenkt, dass sich der Bewegungsapparat des Auges ebenso gut wie der optische Apparat an den Functionen des Sehens betheiligt, und wenn man sich die Rolle vergegenwärtigt, die den Augenbewegungen sowohl bei den umkehrbaren Täuschungen wie bei den veränderlichen Streckentäuschungen zugeschrieben werden musste, so gewinnt eine solche Zurückführung auch der constanten Täuschungen auf die musculären Functionen an Wahrscheinlichkeit. Dazu kommt schliesslich, dass der Muskelapparat des Auges in der That regelmässige Asymmetrien darbietet, wie sie am dioptrischen Apparat in gleicher Grösse und von einer ähnlichen, durch functionelle Veränderungen nicht aufzuhebenden Beschaffenheit nicht nachzuweisen sind.

Unter diesen Asymmetrien fällt die zwischen Auf- und Abwärtsbewegung einerseits, Aus- und Einwärtsbewegung anderseits vor allem in die Augen. Das Zusammenwirken der Obliqui mit dem Rectus superior und inferior, so sehr es durch die Zwecke des Sehens selbst, namentlich durch die Forderung der Aufhebung allzu starker Raddrehungen des Auges, gefordert sein mag[1], schliesst doch zugleich eine theilweise Compensation und dadurch einen Verlust von Muskelkräften für die actuelle Bewegung in sich, wie ein solcher bei der weit einfacheren, durch den Rectus externus und internus vermittelten Aussen- und Innenwendung nicht stattfindet. Wenn wir nun voraussetzen, dass es hier, ebenso wie bei den Bewegungen anderer Körperorgane, nicht bloss die Bewegung als solche, sondern zugleich die bei ihr stattfindende Grösse der Muskelanstrengung ist, die die Schätzung des Effectes bedingt, so erklärt sich ohne weiteres, dass eine der gedachten Asymmetrie entsprechende constante Streckentäuschung stattfinden muss.

Analoge Asymmetrien der Muskelenergie bestehen aber zwischen den Bewegungen nach oben und unten sowie zwischen denen nach aussen und innen, wie sich in diesen Fällen bestimmter noch als

1) Vgl. hierüber meine Physiol. Psychologie[4], II, S. 113.

aus der anatomischen Anordnung und Beschaffenheit der Muskeln[1], aus bekannten functionellen Thatsachen nachweisen lässt. Dass die Aufwärtsbewegung des Auges anstrengender ist als die Abwärtsbewegung, nehmen wir bei ungewöhnlich umfangreichen Bewegungen sehr deutlich wahr; und das gleiche gilt von der Auswärts- gegenüber der Einwärtsbewegung.

Es muss zugegeben werden, dass diese Ableitung der constanten Täuschungen aus den Asymmetrien der Muskelwirkung, im wesentlichen Unterschiede von der Erklärung der umkehrbaren Täuschungen und der variabeln Streckentäuschungen mit perspectivischen Nebenvorstellungen, insofern eine hypothetische bleibt, als sie lediglich auf dem Wege einerseits der Ausschliessung anderer Bedingungen, anderseits der Uebertragung des bei den ersteren Täuschungen nachgewiesenen Einflusses der Blickbewegungen auf diesen neuen Fall gewonnen wurde. Die Unmöglichkeit einer directen Nachweisung liegt aber hier eben in dem constanten Charakter der Täuschungen begründet, der zugleich auf feste, in der Organisation des Auges liegende Bedingungen hinweist. Da nun zu diesen festen Bedingungen auch der Bewegungsmechanismus des Auges gehört, so gewinnt durch die wirklich im entsprechenden Sinne vorhandenen und mit den sonstigen Functionen des Sehens eng zusammenhängenden Asymmetrien, sowie nicht minder durch den bei allen variabeln Täuschungen hervortretenden Einfluss der Bewegung diese Deutung der constanten Täuschungen ihre grosse Wahrscheinlichkeit.

Kann die Richtigkeit dieser Deutung aber auch aus den gedachten Gründen nicht direct erwiesen werden, so wird schliesslich wenigstens eine indirecte Bestätigung dadurch geliefert, dass eine Aufhebung und Wiederentstehung der Täuschungen unter Bedingungen eintritt, die einen Einfluss der Blickbewegungen in demselben Sinne verrathen, in welchem sich dieser bei den variabeln Täuschungen geltend macht. So ist es eine bemerkenswerthe Thatsache, dass die constanten Täuschungen und vor allem die stärkste derselben, die scheinbare Ungleichheit gleicher verticaler und horizontaler Strecken, zwar an allen von geraden Linien umschlossenen oder von geradlinigen Durchmessern durchkreuzten Figuren hervortritt,

1) Ebend. S. 112 Anm., S. 137 ff.

dass aber am Kreise keine Spur derselben bemerkbar ist. Diese Ausnahme dürfte durch die Gewöhnung an die Kreisfigur schwerlich zureichend erklärt werden können, da dem Quadrat, an dem die Täuschung auffallend hervortritt, die gleiche Begünstigung zur Seite stehen müsste. Wenn wir uns dagegen des Einflusses der Fixationslinien bei den variabeln Täuschungen erinnern und erwägen, dass solche an der Kreisfigur überhaupt nur in schrägen und stetig veränderlichen Richtungen gegeben sind, so wird jene Thatsache begreiflich. Auch bestätigt sich diese Erklärung, wenn man die Kreuzfigur, oder wenn man, um den Einfluss der geradlinigen Fixationslinien zu verstärken, wie es in Fig. 31 geschehen ist, die Kreuzfigur sammt dem durch die Verbindung ihrer Endpunkte gewonnenen Quadrate in den Kreis hineinzeichnet. Dann gewinnt man sofort den Eindruck einer relativen Zunahme der Höhe und einer ebensolchen Abnahme der Breite des Kreises selbst[1]). Wenn aber die constanten Täuschungen durch die nämlichen Einwirkungen auf die Blickbewegungen, welche die variabeln bestimmten, in gewissem Grade modificirt werden können, so erhöht sich dadurch offenbar wesentlich die Wahrscheinlichkeit, dass sie auf analoge Bedingungen zurückführen. Nur bieten diese Bedingungen im vorliegenden Falle die besondere Eigenschaft dar, dass sie nicht erst durch die äusseren Umstände herbeigeführt werden, sondern in den ursprünglichen Verhältnissen des Bewegungsapparates begründet liegen.

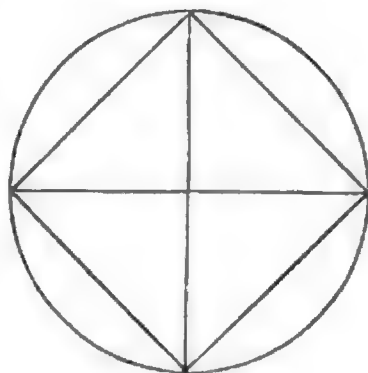


Fig. 31.

§ 5. Variable Richtungstäuschungen.

Eine in den mannigfaltigsten Formen auftretende Täuschung besteht in der Erscheinung, dass spitze Winkel überschätzt, stumpfe

1) Nebenbei sind an dieser Figur an den Berührungsstellen des Quadrates mit dem Kreise Winkeltäuschungen zu bemerken, die uns unten, in § 5, beschäftigen werden.

im Vergleich mit ihnen unterschätzt werden[1]. In der einfachsten Form bieten diese Erscheinung die Figuren 32 und 33 dar. In Fig. 32 werden die beiden spitzen Winkel bei *c* vergrössert gesehen,



Fig. 32.

daher an diesem Punkte die Gerade *ab* geknickt erscheint, so als wenn *ac* und *bc* nach unten einen sehr stumpfen Winkel von nicht ganz 180° mit einander bildeten. In Fig. 33 sieht man die Winkel



Fig. 33.

a und *b* vergrössert, und es erscheint darum hier die Gerade *ab* im entgegengesetzten Sinne wie vorhin gebogen, so als wenn ihre beiden Hälften *ac* und *bc* einen nach oben stumpfen Winkel bildeten. Beide Figuren können sich zugleich, wie man namentlich bei starrer Fixation des mittleren Punktes *c* bemerkt, mit perspectivischen Vorstellungen verbinden, die jedesmal eine eindeutige, aber in beiden Figuren wesentlich verschiedene Beschaffenheit haben. In Fig. 32 scheinen sich nämlich, wenn sie perspectivisch aufgefasst wird, *ca* und *cb* vom Beschauer zu entfernen, *ce* und *cf* ihm zu nähern, so dass *a* und *b* ferner, *e* und *f* aber näher zu liegen scheinen als *c*. Die Figur macht daher etwa den Eindruck eines von unten gesehenen vierstrahligen Sternes, dessen zwei obere Strahlen dem Auge zu-, und dessen zwei untere von ihm weggekehrt sind. Schwieriger ist die perspectivische Auffassung der Fig. 33. Gelingt sie aber bei starrer monocularer Fixation, so erscheint die Linie *cd* wie eine dem Beschauer zugekehrte convexe Kante, während sich die Dreiecke *dac* und *dbc* von ihm entfernen, so dass *a* und *b* am weitesten entfernt sind. Zugleich wird der Punkt *d* in der Regel etwas näher als *c*

1) Auch diese Täuschung ist zuerst von OPPEL beobachtet worden (Jahresber. des physik. Vereins zu Frankfurt a. M. 1854—55, S. 41 ff.).

gesehen, so als wenn die ganze Figur ihre Spitze *d* dem Auge zukehrte.

Selbstverständlich kann man nun hier, analog wie bei den variabeln Streckentäuschungen, die von eindeutigen perspectivischen Vorstellungen begleitet sind, die Frage aufwerfen, welcher unter den verschiedenen Bestandtheilen einer Täuschung als der primäre anzusehen sei. Ist die zunächst beim Betrachten der Figuren in die Augen fallende Knickung der Linie *ab* das Primäre und die perspectivische Vorstellung daraus abzuleiten, oder ist umgekehrt diese die Ursache und die Richtungstäuschung die Wirkung?

An und für sich würde es auch hier nicht undenkbar sein, dass in uns von vornherein eine Neigung existirte, Zeichnungen wie die Figuren 32 und 33 perspectivisch aufzufassen, indem wir dabei die spitzen Winkel nach Analogie mannigfacher Erfahrungen als Ausdruck einer starken perspectivischen Verkürzung der Figuren deuteten. Wenn wir in Folge einer solchen frei entstehenden perspectivischen Vorstellung in Fig. 32 die Linien *cf* und *ce* als gegen uns divergirende Strahlen sehen, so würden wir im Gegensatze zu ihnen möglicher Weise die Linien *ca* und *cb* nach der entgegengesetzten Richtung divergirend sehen können. Es würde dabei freilich, wie man sieht, ausser der Neigung zum perspectivischen Sehen noch ein anderes Princip, nämlich das des Contrastes, zur Erklärung herbeigezogen werden müssen. Doch ist es nicht sowohl diese complicirtere Beschaffenheit der Interpretation, als vielmehr ein anderer Gesichtspunkt, der hier, ebenso wie bei den variabeln Streckentäuschungen, die Annahme einer primären perspectivischen Vorstellung unmöglich macht. Offenbar würde nämlich nach den in § 2 gefundenen Bedingungen solcher scheinbar frei entstehender perspectivischer Täuschungen zu erwarten sein, dass sich in Folge geänderter Wahl der Fixationspunkte und der Augenbewegungen die perspectivische Vorstellung umkehren liesse, dass man also z. B. in Fig. 32 abwechselnd auch *cb* und *ca* sich gegen den Beschauer erstreckend und *cf* und *ce* von ihm weg divergirend sehen könnte. Das ist aber nicht der Fall. Vielmehr ist die perspectivische Vorstellung eine eindeutige, nicht umkehrbare. Dazu kommt, dass auch in diesem Falle die Perspective, ebenso wie bei den variabeln Streckentäuschungen, den Charakter einer Hülfsvorstellung

hat, durch welche die Täuschung mit der Beschaffenheit des, wie wir voraussetzen dürfen, von ihr unberührt gebliebenen, also der objectiven Zeichnung entsprechenden Netzhautbildes in Einklang gebracht wird. Sieht man nämlich die Fig. 32 lebhaft perspectivisch, so erscheint die Knickung der Linie *acb* als eine solche, die hinter der Zeichnungsebene in einer diese schneidenden Ebene liegt; und in der Projection auf die Zeichnungsebene erscheint daher die Linie *acb* vollkommen gerade. Auf diese Weise vereinigt die perspectivische Vorstellung die beiden Eigenschaften der Vergrösserung der spitzen Winkel und der durch das Netzhautbild geforderten Geradlinigkeit von *ab*: geradlinig ist *ab* in der dem Netzhautbild entsprechenden Zeichnungsebene, in *c* geknickt erscheint *ab* in der die Zeichnungsebene schneidenden Ebene, in der sich die Arme *ca* und *cb* vom Punkte *c* aus nach der Tiefe des Raumes erstrecken. Aehnlich werden bei Fig. 33 in Folge der perspectivischen Auffassung die vergrössert erscheinenden Winkel *a* und *b* in grössere Ferne verlegt, und *ab* erscheint geradlinig in der Projection auf die Zeichnungsebene, aber bei *c* geknickt in einer zur scheinbaren Richtung von *cd* senkrechten Tiefenebene. Macht es diese Function einer Correctur der Winkeltäuschung nach den Forderungen des Netzhautbildes unzweifelhaft, dass die perspectivische Vorstellung die Folge, nicht die Ursache der Winkeltäuschung ist, so wird nun endlich die primäre Bedeutung der letzteren auch durch solche Fälle bestätigt, in denen die Bedingungen derart beschaffen sind, dass überhaupt keine perspectivische Vorstellung entstehen kann, während gleichwohl die Winkeltäuschung bestehen bleibt. Ein Beispiel dieser Art bietet die oben in anderem Zusammenhang benutzte Fig. 31 (S. 113). In ihr bilden die Ecken des eingezeichneten Quadrates mit der anliegenden Kreislinie spitze Winkel. In Folge der scheinbaren Vergrösserung dieser erscheint nun der Kreis an den vier Punkten, wo die Ecken des Quadrates ihn berühren, abgeplattet. Die sonstigen Bedingungen zur Entstehung einer perspectivischen Vorstellung fehlen aber hier, daher denn auch in diesem Falle die perspectivische Compensation der Winkelvergrösserung, wie sie Fig. 32 und 33 zeigen können, nicht eintritt[1]).

---

1) Einige Modificationen dieser Figur hat A. Thiéry behandelt (Phil. Stud. XI, S. 307 ff.) und bei dieser Gelegenheit zugleich dargethan, dass die von Lipps gegen

Häufiger als die in Fig. 32 und 33 dargestellten relativ einfachen Täuschungen sind gewisse complicirtere Figuren behandelt worden, die aber augenscheinlich nur verschieden gestaltete Häufungen des nämlichen Grundmotivs der Ueberschätzung spitzer Winkel darbieten. Hierher gehören z. B., um aus einer Reihe zuerst von Hering ersonnener Motive einige besonders charakteristische herauszugreifen, die Figuren 34 und 35. Die Fig. 34 kann als eine zusammengesetzte

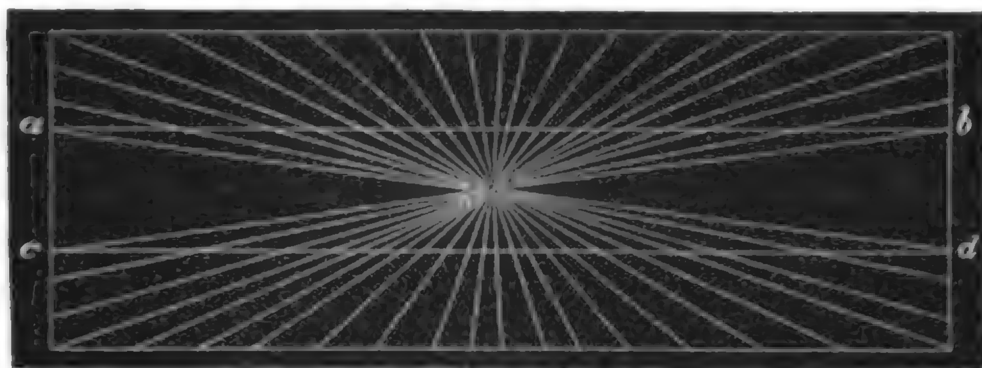


Fig. 34.

Form des in Fig. 32 zur Geltung kommenden Trugmotivs, die Fig. 35 als eine solche des in Fig. 33 dargestellten betrachtet werden. In

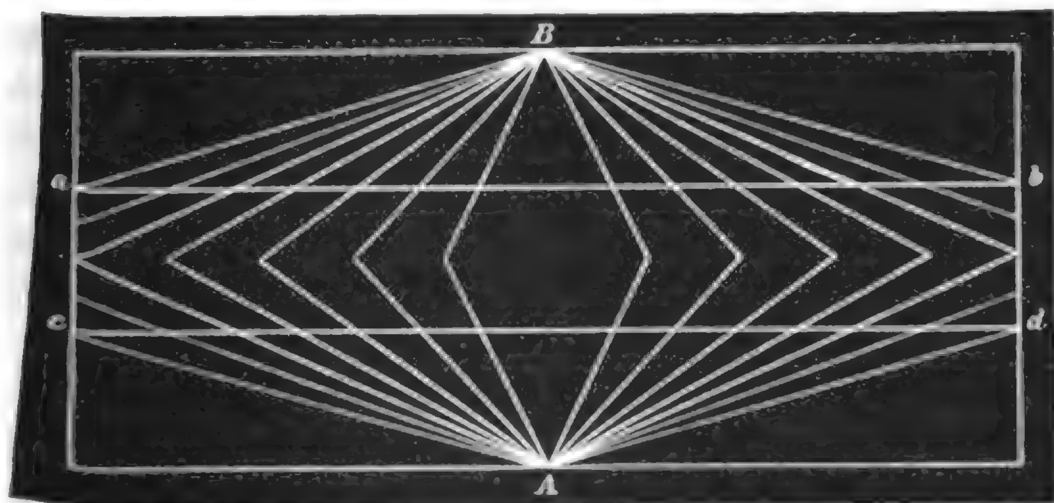


Fig. 35.

beiden Figuren werden die Winkel, welche die Strahlen der beiden Strahlenbüschel mit den Parallelen *ab* und *cd* bilden, immer spitzer,

---

die Ueberschätzung spitzer Winkel ins Feld geführten Constructionen den behaupteten Beweis nicht erbringen, sondern im Gegentheil selbst Bestätigungen der von Lipps angefochtenen Thatsache enthalten.

je weiter sie sich von der Mitte der Figur entfernen. Da aber in beiden Fällen die Strahlen entgegengesetzte Richtungen haben, so zeigen in Folge der hierdurch bedingten Zunahme der Winkeltäuschung von der Mitte nach den Seiten der Figuren die Parallelen in Fig. 34 eine zunehmende scheinbare Convergenz, in Fig. 35 eine ebensolche Divergenz nach beiden Seiten. Dabei begünstigt zugleich die zusammengesetztere Beschaffenheit der Zeichnungen, indem diese geläufige Vorstellungen von Strahlenbüscheln im Raum wiederholen, die Entstehung perspectivischer Vorstellungen. In Fig. 34 erscheinen, da der Mittelpunkt der Strahlenbüschel in der Ferne zu liegen scheint, die Parallelen *ab*, *cd* wie ein nach vorn offener Halbring, der also rechts und links dem Beschauer am nächsten, in der Mitte ihm am fernsten zu liegen scheint. In Fig. 35 dagegen, wo die beiden Strahlenbüschel von ihren Mittelpunkten *A* und *B* aus sich so gegen den Beschauer erstrecken, dass die mittleren ihm am meisten zugekehrt sind, erscheinen die Parallelen *ab*, *cd* wie ein nach vorn, über die Ebene der Zeichnung gewölbter Halbring, dessen Mitte dem Beschauer am nächsten liegt, und dessen Seitentheile ihm am fernsten sind.

Bei diesen Figuren erkennt man wegen der grösseren Deutlichkeit der körperlichen Vorstellung noch besser als an ihren einfacheren schematischen Vorbildern in Fig. 32 und 33 die compensatorische Bedeutung der perspectivischen Auffassung. Besonders dann, wenn man irgend einen Punkt der Zeichnungen starr fixirt, tritt das Relief in beiden Fällen ausserordentlich plastisch hervor; zugleich gewinnt man aber dann die Vorstellung, dass die Geraden *ab* und *cd* wirkliche Parallellinien sind, während man sie doch im ersten Fall als Stück eines Hohlrings, im zweiten als einen erhabenen Ring auffasst, der, eben weil er subjectiv immer gleich breit ist, im Raum in Fig. 34 gegen die Mitte hin breiter, in Fig. 35 schmäler erscheint. Sobald man von der starren Fixation zu Bewegungen des Auges übergeht, verschwindet freilich diese eigenthümliche Verbindung der Vorstellung des subjectiven Parallelismus der Linien mit der ihrer je nach der Tiefenentfernung objectiv verschiedenen Distanz von einander; es wird dann aber immer auch die Anschauung weniger plastisch.

Auf die nämlichen Bedingungen führt die an dem berühmten Zoellner'schen Muster zu beobachtende Täuschung zurück. Die Fig. 36

stellt dieses Muster in der von Zoellner[1]) selbst ursprünglich mitgetheilten Gestalt dar, in der es einem von ihm zufällig beobachteten Tapetenmuster getreu nachgebildet war. Zoellner selbst hat aber schon bemerkt, dass die Täuschung auffallender wird, wenn die langen parallelen Streifen nicht, wie in Fig. 36, vertical, sondern wenn sie schräg gestellt sind. Ausserdem kann man beobachten, dass es für gewisse Bestandtheile der Täuschung viel günstiger ist, die Zeichnung weiss auf schwarzem Grunde, statt schwarz auf weissem, und, wie in Fig. 37, in schmalen Linien statt in breiten Streifen auszuführen.

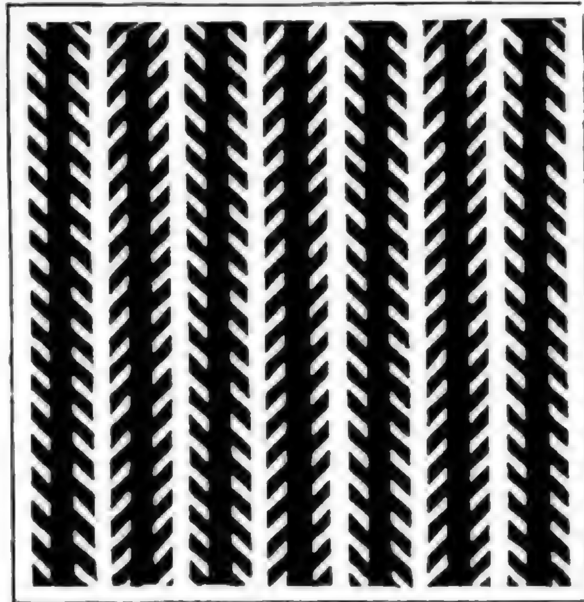


Fig. 36.

Betrachtet man die Fig. 36, so fallen zwei Erscheinungen in die Augen. Erstens scheinen die in Wirklichkeit einander parallelen verticalen Streifen abwechselnd nach oben und unten zu convergiren, und zwar derart, dass Convergenz immer nach der Seite stattfindet, von der die die verticalen durchsetzenden schrägen Streifen abgewandt sind, Divergenz nach der entgegengesetzten Richtung. Zweitens werden die zusammengehörigen Theilstücke der schrägen Streifen in verticaler Richtung so gegen einander verschoben, dass sie nicht Theile eines einzigen geradlinigen Streifens zu sein scheinen, was sie doch in Wirklichkeit sind,

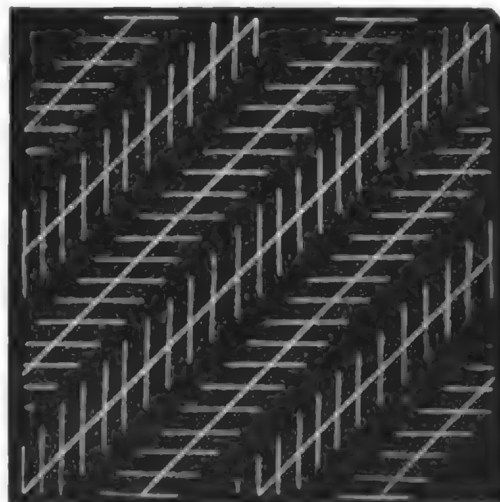


Fig. 37.

1) Ueber die Natur der Kometen, 1872, S. 380 ff.

sondern jede Hälfte erscheint in derjenigen Richtung verschoben, nach der sie selbst gekehrt ist, also die nach unten gekehrte Streifenhälfte nach unten, die nach oben gekehrte nach oben.

Nachdem uns die Figuren 32—35 die scheinbare Vergrösserung spitzer Winkel als eine allgemein vorkommende Täuschung kennen gelehrt haben, die selbst wieder Ursache anderer Täuschungen sein kann, lassen sich diese beiden an Fig. 36 wahrzunehmenden Erscheinungen offenbar ohne weiteres auf die nämliche Ursache zurückführen. Es ist klar: wenn die spitzen Winkel, welche die schrägen Streifen mit den Verticalen bilden, vergrössert werden, so müssen die zusammengehörigen Hälften eines schrägen Streifens gegen einander verschoben erscheinen. In Folge derselben Bedingung müssen aber auch die verticalen Streifen abwechselnd in entgegengesetzter Richtung von der Verticalen abzuweichen scheinen.

Dieses erste ZOELLNER'sche Modell ist mehrfach Gegenstand experimenteller und messender Untersuchungen gewesen. Dabei hat sich zunächst gezeigt, dass alle Momente, welche die Auffassung des Parallelismus der langen Streifen unsicher machen, wie schräge Stellung der Verticalen, Drehung der Zeichnungsebene gegen den Beschauer, geeignet sind, die Täuschung zu vergrössern[1]. Bei starrer Fixation hat man im allgemeinen eine Abnahme der Täuschung beobachtet; ebenso, obgleich minder sicher, bei momentaner Erleuchtung durch den elektrischen Funken[2]. Endlich sind bei Bewegung eines Fixirpunktes (einer Nadelspitze) über die Zeichnung[3] sowie bei schiefer Lage der Zeichnung gegen die Visirebene[4] plastische Effecte beobachtet worden. Ich finde schon an diesem ersten ZOELLNER'schen Muster, dass starre Fixation einerseits die Täuschung über den Parallelismus der Verticalstreifen vermindert und auf Augenblicke ganz verschwinden lässt, dass sie aber ander-

1) THIÉRY, Phil. Stud. XI, S. 331 ff.

2) In letzterer Beziehung widerstreiten sich die Angaben von HELMHOLTZ, der die Täuschung verschwinden sah, und von ZOELLNER selbst, der dies nicht beobachten konnte. Der Widerspruch dürfte sich daraus erklären, dass die erste Angabe für eine einzige momentane Beleuchtung oder für eine Reihe sich sehr langsam wiederholender zutrifft, während die zweite für rascher auf einander folgende gültig ist.

3) HELMHOLTZ, Physiol. Optik², S. 712.

4) GUYE, Revue scientif. 1893, p. 594.

seits geneigt macht, einzelne Theile plastisch zu sehen. Doch ist eine solche perspectivische Täuschung der Figur hier eine ziemlich unsichere, so dass im ganzen dieses erste Muster zwar zur Nachweisung der durch die Figur veranlassten Winkeltäuschungen, nicht aber zur Untersuchung des Zusammenhangs derselben mit perspectivischen Nebenvorstellungen geeignet ist.

Wesentlich anders verhält es sich in dieser Beziehung mit der in Fig. 37 dargestellten zweiten Form des Zoellner'schen Musters. Bei ihr tritt schon bei verticaler Lage der langen Linien, noch mehr aber bei der in der Figur gewählten schrägen Lage die scheinbare abwechselnde Convergenz und Divergenz dieser Linien viel deutlicher hervor. Die in Fig. 36 vorhandene zweite Täuschung, die Verschiebung der beiden Hälften der schrägen Streifen gegen einander, ist hier nicht zu bemerken. Der Grund liegt augenscheinlich darin, dass alle Streifen zu schmalen Linien reducirt sind. Diese letztere Eigenschaft begünstigt aber statt dessen eine andere Täuschung, die, wie oben bemerkt, an dem ersten Muster nur in Spuren und unsicher zu beobachten ist. Fixirt man nämlich starr einen Punkt der Figur, so bietet diese einen wunderbaren plastischen Anblick dar. Die einzelnen Längslinien treten theils über die Ebene der Zeichnung hervor, theils unter sie zurück. Bald bemerkt man, dass sie dabei eine regelmässige Ordnung einhalten, indem diejenigen Linien, an denen in Fig. 37 die kurzen Streifen horizontal liegen, mit ihrem oberen Ende über die Zeichnung heraustreten und sich mit ihrem unteren in die Tiefe des Raumes erstrecken, während umgekehrt diejenigen Linien, die von verticalen kurzen Streifen durchsetzt sind, mit ihrem unteren Ende vor der Ebene der Zeichnung und mit ihrem oberen hinter derselben liegen. Auf diese Weise bietet die ganze Figur das plastische Bild geradlinig ausgespannter weisser Fäden, die immer abwechselnd in entgegengesetzter Richtung verlaufen: wenn man oben links anfängt, der erste mit dem oberen, der zweite mit dem unteren Ende dem Beschauer zugekehrt, dann wieder der dritte mit dem oberen, der vierte mit dem unteren u. s. f. Mit dieser plastischen Ansicht verbindet sich aber noch eine andere merkwürdige Erscheinung: man erhält nämlich die deutliche Vorstellung, dass nach der auf die Zeichnungsebene bezogenen Bilddistanz der Fäden diese einander parallel seien, indem ihre schein-

bare Abweichung vom Parallelismus lediglich auf ihren verschiedenen Verlauf im Raume bezogen wird. Diese bei starrer monocularer Fixation gewonnene Auffassung der Fig. 37 zeigt also wieder dieselbe Compensation der Richtungstäuschung durch die perspectivische Vorstellung, wie sie uns an den einfachen Figuren 32 und 33 und dann an den aus diesen abgeleiteten zusammengesetzten Figuren 34 und 35 entgegengetreten ist. Nur ist die Erscheinung in Fig. 37 wegen des Wechsels der perspectivischen Motive eine viel frappantere. Dass demnach auch hier die Winkeltäuschung das Primäre und die perspectivische Vorstellung erst eine Folge derselben ist, bedarf nach dem früher Gesagten nicht mehr des näheren Nachweises. Ebenso leuchtet von selbst ein, dass die oben erwähnten, unter gewissen Bedingungen an dem ersten ZOELLNER'schen Muster der Fig. 36 gewonnenen plastischen Effecte nur unvollkommene und partielle Erscheinungen dieser perspectivischen Compensation sind. Auch ist es klar, dass sich der bei dieser Compensation hervortretende Einfluss des im Netzhautbilde vorhandenen wirklichen Parallelismus der Längslinien in jenen Messungsresultaten verräth, welche zeigen, dass die Täuschung in solchen Lagen der Zeichnungsebene zunimmt, bei denen in Folge von Gewohnheit und Uebung überhaupt unsere Auffassung des Parallelismus unsicherer wird.

In etwas anderer, aber fast noch zwingenderer Weise tritt uns die nämliche Beziehung zwischen der allgemeinen Form der Winkeltäuschung und der perspectivischen Auffassung des Bildes bei einer andern Figur entgegen, an der sich die in dem ersten ZOELLNER'schen Muster (Fig. 36) beobachtete Täuschung der Verschiebung der beiden Hälften der schrägen Streifen gegen einander in etwas modificirter Form wiederholt. In Fig. 38 *A* ist durch einen verticalen schmalen Streifen eine ihn unter spitzem Winkel schneidende schräge Linie gelegt. Auch hier erscheint im allgemeinen der untere Theil der Schrägen nicht als die Fortsetzung des oberen Theils, sondern er scheint gegen jenen etwas nach unten verschoben zu sein. Zuweilen geschieht es jedoch, wie HELMHOLTZ[1]) bemerkt hat, dass die beiden

[1]) Physiol. Optik[2], S. 707. HELMHOLTZ hat den Streifen schwarz abgebildet. Da hierbei der Verdacht einer Einmischung der Irradiation nicht ganz ausgeschlossen ist, so habe ich ihn in Fig. 38 mit schwarzen Conturen auf weissem Grunde dar-

Hälften der Schrägen an den Stellen, wo sie den verticalen Streifen durchschneiden, gegen diesen eingebogen erscheinen, so dass die Zeichnung das in *B* etwas übertrieben gezeichnete Bild darbietet: wie man sieht ist hierbei der spitze Winkel vergrössert, aber durch die Biegungen der Schrägen wird diese Winkelveränderung in Bezug auf den weiteren Verlauf der Schrägen compensirt, so dass nun die letzteren in diesem weiteren Verlauf nicht mehr gegen einander verschoben erscheinen. Diese Thatsachen rücken nun aber, wie mir

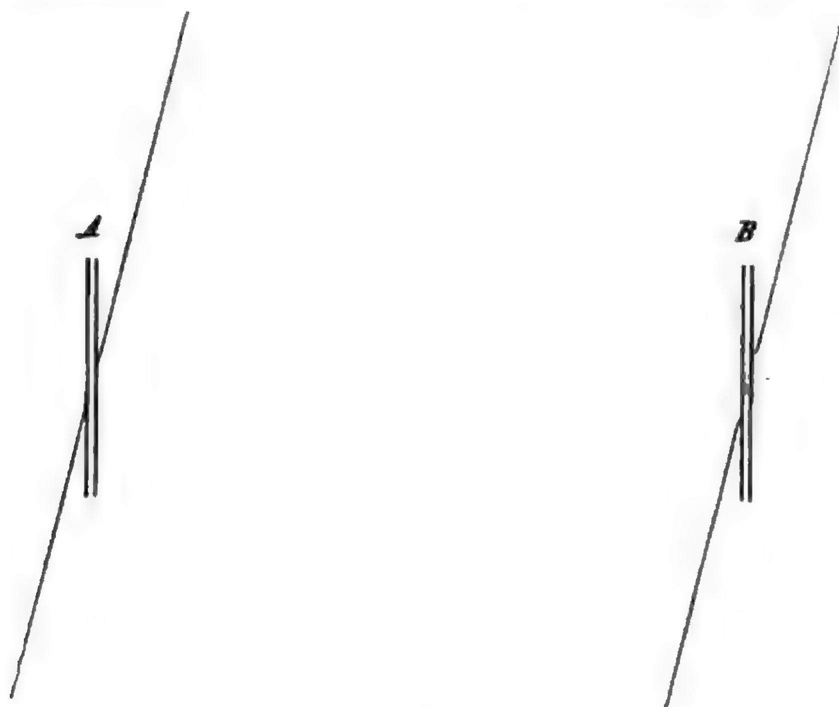


Fig. 38.

scheint, erst durch die folgenden Beobachtungen in ihre richtige Beleuchtung. Die in *B* dargestellten Knickungen treten an der Figur *A* vorzugsweise dann auf, wenn man den Blick über den verticalen Streifen hin- und herwandern lässt, und, sobald die Knickungen entstehen, hat man stets zugleich die deutliche Vorstellung, dass die Figur in der Ebene der Zeichnung liege. Fixirt man dagegen starr und in monocularem Sehen irgend einen Punkt der Figur *A*, so wird die Zeichnung perspectivisch: die schräge Linie erscheint nun mit ihrer unteren Hälfte dem Beschauer zu-, mit ihrer oberen von ihm weggekehrt. Die Vergrösserung des spitzen Winkels bildet jetzt einen Bestandtheil

gestellt. Hierbei kann von Irradiation nicht wohl die Rede sein. Die oben beschriebenen Erscheinungen sind aber gleichwohl deutlich zu beobachten.

der perspectivischen Vorstellung, in Folge deren trotz jener Winkelvergrösserung die beiden Hälften der Schrägen als Theile einer einzigen geraden Linie erscheinen. So lange diese perspectivische Vorstellung andauert, treten aber die in *B* dargestellten Knickungen niemals auf. Dieser Versuch zeigt demnach schlagend die compensatorische Bedeutung der perspectivischen Vorstellung. Sobald die letztere besteht, wird die im Netzhautbilde vorhandene richtige Grösse der spitzen Winkel sowie die Zusammengehörigkeit der beiden Theile der Schrägen mit der scheinbaren Vergrösserung jener Winkel und der entsprechenden Verschiebung dieser Theile dadurch in Einklang gebracht, dass die spitzen Winkel als ebene Projectionen stumpferer Winkel erscheinen, und dass die Höhenverschiebung der beiden Theile der Schrägen auf eine entsprechende Tiefenverschiebung beider gegen einander bezogen wird. Auf diese Weise macht die perspectivische Vorstellung die oben beschriebenen Knickungen, die an die Beziehung der ganzen Figur auf die Zeichnungsebene gebunden sind, unmöglich. Diese wechselseitige Ausschliessung beider Momente, der Knickungen und der perspectivischen Auffassung, bei dem vorliegenden Versuch bildet aber wohl den schlagendsten, einem Experimentum crucis gleichkommenden Beweis dafür, dass hier, wie bei allen ähnlichen Erscheinungen, die Winkeltäuschung die primäre Täuschung ist, zu der die Richtungstäuschungen, die verticalen Linienverschiebungen und die perspectivischen Vorstellungen als ihre Folgen gehören. Dabei verhalten sich dann diese Folgen insofern wieder verschiedenartig und in gewissem Grade gegensätzlich zu einander, als die perspectivische Vorstellung durch die Bedeutung, die sie der Winkelvergrösserung anweist, die übrigen Täuschungsmomente beseitigt oder in einen mit geläufigen Erfahrungen übereinstimmenden Zusammenhang mit den optischen Eigenschaften des Bildes bringt.

In den Figuren 34—38 sind die hauptsächlichsten Formen zur Darstellung gebracht worden, in denen sich die in den Figuren 32 und 33 auftretenden einfachen Motive zu zusammengesetzteren Täuschungen verbinden. Natürlich lassen nun diese Formen noch mannigfache Modificationen zu. Unter ihnen mögen hier nur diejenigen hervorgehoben werden, bei denen jene Täuschungsmotive deshalb minder deutlich zu Tage treten, weil die geraden Linien, die zur

Entstehung spitzer Winkel Anlass geben, keine wirklich gezogenen, sondern imaginäre Linien sind, die aber trotzdem in Folge der besonderen Eigenschaften der Figuren die Bedeutung von Fixationslinien gewinnen, längs deren sich das Auge von selbst bei der Auffassung der Figuren bewegt. Das einfachste Beispiel dieser Art bietet die Fig. 39 dar. Indem hier die Endpunkte der einander gleichen Kreisbogen rechts und links geradlinig über einander liegen, stellt man sich die Bogen wirklich zwischen solchen, sie alle tangirenden Geraden angeordnet vor. Indem aber diese Tangenten spitze Winkel mit den Bogen bilden, erscheinen in Folge der scheinbaren Vergrösserung der Winkel jene imaginären Geraden, ganz wie bei dem Zoellner'schen Muster, nach oben divergirend, und die Grösse der Kreisbogen scheint sich daher von unten nach oben stetig zu vergrössern. Bei monocularer Fixation tritt auch bei dieser Figur wieder sehr leicht eine plastische Vorstellung auf: die Bogen erscheinen wie nach oben gewölbte Halbringe, die zusammen die obere Hälfte eines Rohres bilden, das mit seinem unteren Ende etwas vor der Ebene der Zeichnung liegt, mit dem oberen hinter sie zurücktritt. In dem Moment, wo dieser plastische Eindruck entsteht, verbindet sich aber auch hier wieder mit ihm die Vorstellung der gleichen Bildgrösse der Bogen.



Fig. 39.

Analoge Modificationen der nämlichen Grundmotive bieten einige zuerst von Müller-Lyer construirte Figuren, deren eine in Fig. 40 wiedergegeben ist. Das obere und das untere Trapez sind von genau gleicher Grösse, das letztere erscheint aber offenbar kleiner als das erstere. Die Entstehung der Täuschung ist, wie bei der Kreisbogenfigur, durchaus daran gebunden, dass die einander correspondirenden Punkte Aa, Cc, Bb, Dd in zu einander parallelen Linien über einander liegen. Verschiebt man die beiden Trapeze so gegen

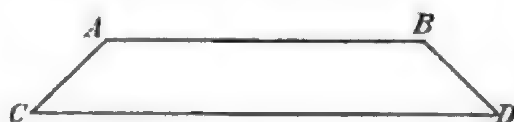




Fig. 40.

einander, dass dies nicht mehr der Fall ist, so verschwindet daher die Täuschung. Im Vergleich mit der Fig. 39 bietet die Fig. 40 insofern eine Vereinfachung dar, als nur zwei geometrische Gebilde mit einander verglichen werden, zugleich aber eine grössere Verwickelung, weil hier beiderseits je zwei imaginäre Richtungslinien, nämlich *Aa*, *Cc* und *Bb*, *Dd*, vorhanden sind. Denkt man sich nun diese Fixationslinien wirklich gezogen, so entstehen bei *A* und *a* nach unten von den Parallelen *AB* und *ab*, bei *C* und *c* nach oben von den Parallelen *CD* und *cd* spitze Winkel. Erscheinen diese vergrössert, so müssen die Linien *Aa*, *Bb* und *Cc*, *Dd*, die in Wirklichkeit parallel sind, nach oben zu divergiren scheinen. Dies bewirkt aber nothwendig, dass die untere Figur kleiner erscheint als die obere. Eine perspectivische Vorstellung, welche wie in Fig. 39 beide Bilder umfasst, entsteht in diesem Fall wegen der abgeschlossenen Beschaffenheit der Trapeze nicht. Wohl aber kann man die bei allen Grössentäuschungen nachzuweisende perspectivische Compensation auch hier wahrnehmen: das untere Trapez scheint dem Beschauer näher, das obere weiter von ihm entfernt zu sein.

Der Einfluss, den wir in den zuletzt erörterten Figuren Fixationslinien ausüben sehen, die nicht wirklich gezogen, aber in der gezeichneten Form deutlich vorgebildet sind, macht es nun begreiflich, dass auch die ZOELLNER'sche Täuschung bei Modificationen der in Fig. 36 und 37 gezeichneten Muster noch eintritt, bei denen die als primäre Täuschungsursachen wirkenden spitzen Winkel nur durch solche imaginäre Fixationslinien abgegrenzt sind. So z. B. bei Motiven, wie sie in Fig. 41 *A* und *B* dargestellt sind. In *A* bilden je zwei Schräge *a* und *b* Theile einer einzigen, die Verticale unter spitzem Winkel durchschneidenden Geraden, die, obgleich ihre Mitte in der Figur fehlt, doch eine einzige Fixationslinie bildet. Dieselbe Rolle spielen in *B* die Endpunkte der kurzen horizontalen Streifen. In der That hat HEYMANS[1]), der diese und ähnliche Muster untersuchte, gefunden, dass bei ihnen Täuschungen über die Richtung der verticalen Geraden auftreten, die durchaus der an dem ZOELLNER'schen Muster vorhandenen Täuschung entsprechen. Wenn aber dieser Beobachter hieraus schliesst, dass bei dieser Täuschung »dem Winkel,

1) Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane, XIV, S. 101 ff.

unter dem Hauptlinien und Querstriche sich schneiden, nur secundäre, der ungleichen Entfernung, in welcher sich die Theile der letzteren von den ersteren befinden, dagegen primäre Bedeutung zukommt«[1]), so kann man diesem Schlusse nicht beipflichten. Vielmehr zeigen die Messungen, die Heymans über die Grösse der Täuschung an verschiedenen Figuren angestellt hat, deutlich, dass die Täuschung um so grösser ist, je bestimmter die die Hauptlinie unter spitzem Winkel schneidende imaginäre Fixationslinie durch die Construction angedeutet ist[2]).

Nach allen diesen Erscheinungen kann es keinem Zweifel unterliegen, dass wir in der scheinbaren Vergrösserung spitzer Winkel eine primäre Täuschung zu sehen haben, welche dann in der mannigfaltigsten Weise Ursache anderer, secundärer Täuschungen werden kann, die theils als unmittelbare Folgewirkungen auftreten, wie die Richtungstäuschungen der parallelen Geraden in den Figuren 34—37 und die Grössentäuschungen bei den Kreisbogen und Trapezen der Figuren 39 und 40, theils aber auch compensatorische Gegenwirkungen sind: so alle perspectivischen Nebenvorstellungen, die in dieser Beziehung bei den Winkeltäuschungen genau dieselbe Bedeutung wie bei den Streckentäuschungen besitzen. Es erhebt sich nun aber die Frage, worin jene Winkeltäuschung, die alle diese Folge- und Gegenwirkungen herbeiführt, selbst ihren Grund habe.

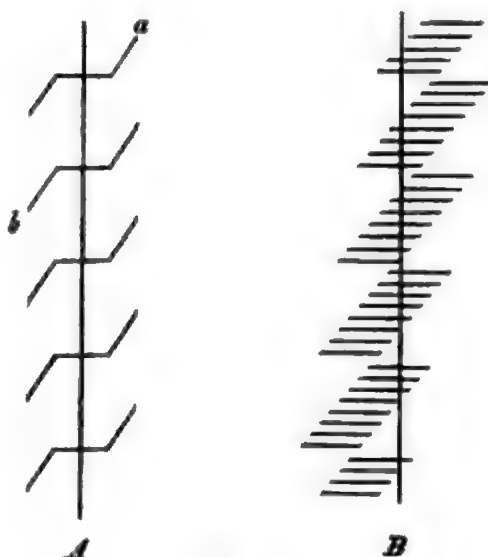


Fig. 41.

Auch hier kann man wieder, analog wie bei den Streckentäuschungen, entweder diesen Grund in der Beschaffenheit des Netzhautbildes suchen, wie sie ohne jede Rücksicht auf die Bewegung

1) Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane, XIV, S. 115 f.

2) Eine bei dieser Gelegenheit von Heymans mit der Zoellner'schen Täuschung in Beziehung gebrachte, von Loeb beschriebene Täuschung werden wir unten in § 8 bei den »Complicationen der Täuschungsursachen« besprechen, weil bei ihr andere Momente nicht nur mitwirken, sondern sogar wahrscheinlich die ausschlaggebenden sind.

des Auges sich geltend macht; oder man kann an die verschiedenen Bedingungen denken, welche die Blickbewegung bei der Durchmessung kleiner oder grosser Wegstrecken vorfindet. In dem ersteren Sinne hat Helmholtz[1]) die Ueberschätzung spitzer Winkel aufgefasst, und er hat demnach diese Erscheinung genau in derselben Weise wie die Ueberschätzung eingetheilter gegenüber nicht eingetheilten Strecken erklärt. Spitze Winkel sollen als »deutlich abgegrenzte kleine Grössen« dem allgemeinen Princip folgen, dass »deutlich zu erkennende Unterschiede bei allen Sinneswahrnehmungen grösser erscheinen, als undeutlich zu erkennende Unterschiede von gleicher objectiver Grösse«. Aber diese Erklärung scheitert hier, abgesehen von ihrer Unbestimmtheit, schon daran, dass sie über die speciell bei den Winkeltäuschungen höchst auffälligen Unterschiede bei bewegtem Blick und bei starrer Fixation keine Rechenschaft gibt. Wenn z. B., wie Helmholtz selbst fand, die Zoellner'sche Täuschung — und dasselbe gilt, wie wir gesehen haben, von den andern analogen Täuschungen — bei starrer Fixation erheblich vermindert erscheint, so bleibt dies vom Standpunkte dieser Erklärung aus unbegreiflich, da doch ein spitzer Winkel von gegebener Grösse im ruhenden Netzhautbilde gerade so gut ein Object von bestimmter Grösse ist wie bei bewegtem Auge. Dagegen wird dieser Einfluss der Fixation auch hier vollkommen verständlich, sobald wir voraussetzen, wie das ohnehin die Beobachtung nahe legt, dass sich die Auffassung extensiver Grössen des Gesichtssinnes überhaupt und demnach auch die Auffassung von Winkelgrössen im allgemeinen unter Beihülfe der Blickbewegungen vollzieht. Dann werden wir aber auch durch eben diesen die Winkeltäuschungen vermindernden Einfluss der Fixation dazu gedrängt, die Täuschung selbst aus den Eigenschaften der Blickbewegung, nicht aus denen des ruhenden Netzhautbildes abzuleiten. Dies wird nun durch die näheren Bedingungen, unter denen, wie oben nachgewiesen wurde, die Verminderung der Winkel- und Richtungstäuschungen bei starrer Fixation stattfindet, durchaus bestätigt. Dieselbe hat ja stets zugleich die Bedeutung einer C o m p e n s a t i o n der auf die Ebene der Zeichnung bezogenen reinen Winkeltäuschung durch die Projection des Objectes in den Raum. Dass eine solche Pro-

1) Physiol. Optik², S. 705, 708.

jection bei starrer Fixation leichter eintritt als bei bewegtem Auge, erklärt sich leicht daraus, dass die Bewegung des Fixirpunktes in der Ebene der Zeichnung die körperliche Auffassung der Figur hintanhält: das geschieht natürlich besonders bei binocularem, aber bis zu einem gewissen Grade doch auch schon bei monocularem Sehen. Die nothwendige Folge davon ist, dass bei bewegtem Blick die Einflüsse der Bewegung, bei starrer Fixation die des Netzhautbildes auf die Gestaltung der Vorstellung mehr hervortreten. Dabei verschwindet jedoch auch bei starrer Fixation jener Einfluss der Blickbewegung keineswegs, sondern er wird nur eben durch die eintretende perspectivische Projection mit den Eigenschaften des Netzhautbildes in Einklang gebracht.

Delboeuf[1]) hat den Einfluss der Blickbewegung auf die Ueberschätzung spitzer Winkel in der Weise gedeutet, dass er annimmt, bei jeder Bewegung des Auges um eine bestimmte Grösse sei für die Auffassung dieser Bewegung noch ein kleiner Betrag (eine »force perdue«) hinzuzufügen, welcher der Entstehung und dem Aufhören der Bewegung entspreche. Dieser Betrag muss dann natürlich ein verhältnissmässig um so grösserer Theil der ganzen Bewegung sein, je kleiner die ausgeführte Bewegung ist. Es scheint mir näher liegend, übrigens in der allgemeinen Richtung mit diesem Gedanken zusammentreffend, hier unmittelbar auf ein allgemeines mechanisches Princip zurückzugehen, das auf die Erzeugung der Bewegungsenergie im Muskel jedenfalls ebenso gut Anwendung finden kann, wie auf irgend eine künstliche Maschine. Wo überhaupt mechanische Bewegungen von kurzer, aber in den einzelnen Fällen wieder verschiedener Dauer und im übrigen unter gleichen Bedingungen erzeugt werden, da wird bei der kürzer dauernden Bewegung relativ mehr Energie verbraucht als bei der länger dauernden, weil es selbstverständlich einer grösseren Energie bedarf, um eine bestimmte Bewegung in Gang zu setzen, als um eine bereits vorhandene Bewegung im Gang zu erhalten. Wenn wir nun hier wieder, ähnlich wie bei den Täuschungen, die durch die Eintheilung von Strecken entstehen, annehmen, dass die zu einer Blickbewegung erforderliche

1) Notes sur certaines illusions d'optique, Bullet. de l'Acad. roy. de Belgique, 2. sér., t. XIX, n. 2.

Anstrengung auf die Schätzung des bei der Bewegung durchmessenen Raumes von Einfluss sei, so ordnet sich offenbar die bei allen Winkeltäuschungen zur Geltung kommende relative Ueberschätzung spitzer Winkel unter das gleiche Princip. Wie übrigens die Vermehrung oder Verminderung der Muskelenergie überhaupt auf unsere Vorstellungen einen Einfluss gewinnen könne, diese Frage muss, wie schon bemerkt, einer besonderen Betrachtung vorbehalten bleiben, die den Schluss dieser Untersuchung bilden soll. (Vgl. § 10.)

§ 6. Constante Richtungstäuschungen.

Wenn man zu einer horizontal ausgespannten Linie bei monocularer Fixation eines Punktes *l* oder *r* nach dem Augenmass in dem fixirten Punkte eine Senkrechte zieht, so weicht, wie zuerst VOLKMANN[1]) beobachtete, diese scheinbare Senkrechte für jedes Auge mit ihrem oberen Theile nach aussen von der Lothlinie ab, so dass sie für das rechte Auge eine Richtung *ab*, für das linke eine solche *cd* hat, während $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ die Richtungen der wirklichen Senkrechten angeben (Fig. 12). Bei binocularer Betrachtung verschwindet natürlich

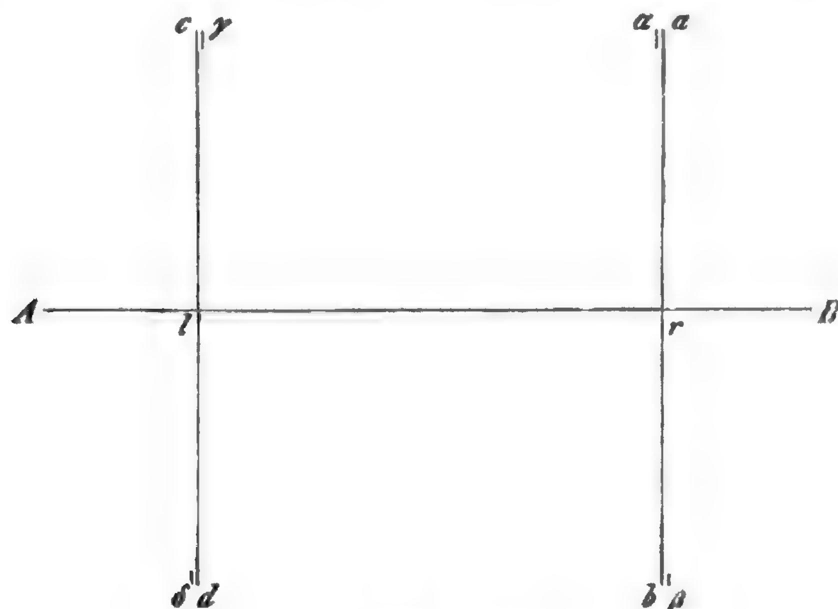


Fig. 12.

die Täuschung, indem sich die nach entgegengesetzten Richtungen gehenden Fehler beider Augen wechselseitig corrigiren. Bei den

1) Physiologische Untersuchungen im Gebiete der Optik, 1863, S. 220 ff.

meisten Menschen schwankt der Fehler um die Grösse eines Winkelgrades, kann aber, wie Donders fand, bei einzelnen bis zu 3° steigen. Auch zeigt er manchmal bei einem und demselben Individuum geringe Schwankungen[1]. In allen diesen Beziehungen gleicht offenbar diese constante Richtungstäuschung den früher (in § 4) behandelten constanten Streckentäuschungen: sie ist keine Constante im absoluten Sinne des Wortes, sondern in jenem relativen, wie er überhaupt nur für die psychophysischen Constanten zutrifft. Er weist auf durchschnittlich constant bleibende Bedingungen der psychophysischen Organisation hin, die von einem Individuum zum andern und selbst bei einem und demselben Individuum etwas wechseln können, dabei aber doch gegenüber den bedeutenden Veränderungen, welche die variabeln Functionen darbieten, relativ unverändert bleiben.

Diese constante Richtungstäuschung steht nun zu einer bekannten Thatsache im Gebiete der Augenbewegungen in augenfälliger Beziehung. Schon Johannes Müller hat nämlich die Beobachtung gemacht, dass, wenn man beide Augen zwanglos, ohne bestimmte Fixation eines Punktes auf- und abwärts bewegt, die Hebung der Visirebene unwillkürlich mit verminderter, die Senkung mit vermehrter Convergenz der Blicklinien verbunden ist. Es liegt demnach nahe zu vermuthen, dass diese zwanglose Auf- und Abwärtsbewegung unmittelbar als eine Bewegung in zum Horizont senkrechter Richtung von uns aufgefasst wird, und dass sich demnach die dabei in Wirklichkeit stattfindende Abweichung von der Senkrechten als constanter Fehler in der Auffassung der senkrechten Richtung geltend macht. Auch ist unverkennbar diese Abweichung zwischen Auf- und Abwärtsbewegung in der Anordnung der Augenmuskeln vorgebildet und beruht demnach, ähnlich wie die constanten Streckentäuschungen, auf einer festen Einrichtung der psychophysischen Organisation[2].

Helmholtz hat auch die Bedingungen dieser Täuschung aus Verhältnissen des Sehens abzuleiten gesucht, die für das Netzhautbild als solches, unabhängig von den Bewegungen des Auges, gültig sind. Er fand nämlich, dass bei seinen eigenen Augen sowie bei denen einiger andern Beobachter die Neigung der scheinbaren Verticalen

1) Donders, Archiv f. Ophthalmol. XXI, 3, S. 100.
2) Vgl. hierüber meine Physiol. Psychol.[4], II, S. 115 f.

eine solche war, dass bei paralleler Einstellung beider Blicklinien auf einen unendlich entfernten Punkt die Horopterebene, d. h. diejenige Ebene, in der sich im Sehfeld die von den Deckpunkten beider Netzhäute aus gezogenen Richtungslinien schneiden, mit der Fussbodenebene zusammenfiel[1]). HELMHOLTZ ist daher der Ansicht, dass jene Abweichung der scheinbaren Verticalen aus den Bedürfnissen des Sehens hervorgegangen sei, da in Folge derselben beim Sehen in die Ferne die deutliche Wahrnehmung der in der Fussbodenebene befindlichen Gegenstände begünstigt werde. Doch ist diese Interpretation deshalb einigermassen zweifelhaft, weil jedenfalls bei vielen Individuen, wie schon HELMHOLTZ selbst fand, das Verhältniss zwischen Richtung der scheinbar verticalen Meridiane, Körperhöhe und Augendistanz ein solches ist, dass der Horopter keineswegs mit der Fussbodenebene zusammenfällt, während doch auch hier jene Abweichung existirt. Daraus ist zu schliessen, dass diese einen allgemeineren Grund hat. Ein solcher ist nun in der That in der oben erwähnten relativen Divergenz der Gesichtslinien bei der Erhebung und ihrer relativen Convergenz bei der Abwärtsbewegung der Augen gegeben. Auch hängt diese Erscheinung sichtlich mit allgemeingültigen, nicht bloss individuellen Bedingungen des Sehens zusammen, da wir die Augen gemäss der Gestaltung unseres Gesichtsraumes bei der Erhebung der Visirebene auf entferntere, bei ihrer Senkung auf nähere Objecte einzustellen pflegen. Dadurch hat sich begreiflicher Weise mit jener Bewegung die Abnahme, mit dieser die Zunahme der Convergenz der Blicklinien auf das innigste associirt.

Durch diese Beziehung zu den Gesetzen der Augenbewegungen tritt nun zugleich die erwähnte Täuschung über die Richtung monocular fixirter verticaler Linien in unmittelbaren Zusammenhang mit einer andern Richtungstäuschung, die VON RECKLINGHAUSEN[2]) zuerst beobachtet, und auf deren Zusammenhang mit den Augenbewegungen HELMHOLTZ[3]) bereits aufmerksam gemacht hat. Diese Täuschung bezieht sich auf die Richtung indirect gesehener Linien. Sie ist daher.

---

1) HELMHOLTZ, Physiolog. Optik², S. 862 f.
2) GRAEFE's Archiv f. Ophthalmologie, I, 2, S. 57.
3) Physiol. Optik², S. 694 ff.

was diese Beschränkung auf das indirecte Sehen schon in sich schliesst, nur bei starrer Fixation wahrzunehmen, ein Umstand, der sie von der soeben besprochenen constanten Täuschung unterscheidet, die ebensowohl bei bewegtem wie unbewegtem Blick wahrzunehmen ist. Die Recklinghausen'sche Täuschung ist in ihrem ganzen Zusammenhang am besten an dem in Fig. 43 dargestellten, von Helmholtz entworfenen Schachbrettmuster zu übersehen, wenn man dasselbe etwa fünfmal so gross, als es hier dargestellt ist, ausführt und in einer der darüber gesetzten horizontalen Linie proportionalen Augendistanz in seiner Mitte monocular fixirt[1]). Es verschwindet dann die hyperbolische Krümmung der Linien, die schwarzen und weissen Flächenstücke erscheinen namentlich in der Nähe der Mitte der Figur als Quadrate, während man in den stark excentrischen Theilen zwar wegen der Undeutlichkeit des indirecten Sehens die Richtungen überhaupt nicht mehr sicher erkennt, dagegen die beträchtlichere Grösse der schwarzen und weissen Vierecke wahrnimmt. Hierdurch erhält die Figur in diesen Seitentheilen zuweilen ein paradoxes Ansehen: die Richtlinien erscheinen sämmtlich als parallele Verticale und Horizontale, und die von diesen eingeschlosse-

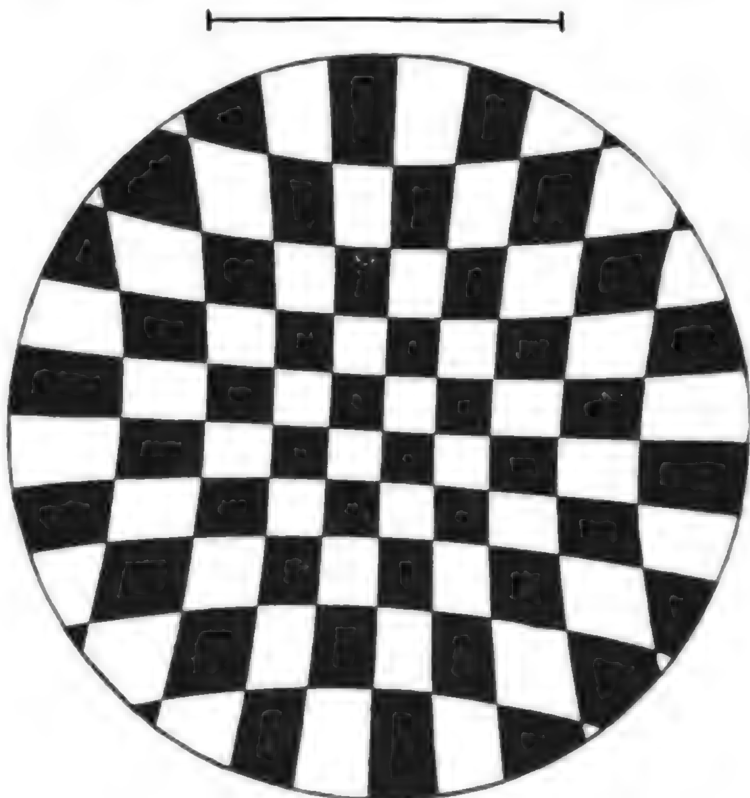


Fig. 43.

1) Helmholtz hat die in Fig. 43 wiedergegebene Figur nach der berechneten Projection der Richtkreise des Blickfeldes construirt (a. a. O. S. 653). Wollte man die Figur rein nach der Beobachtung entwerfen, so würde, wie es scheint, für viele Individuen die Krümmung der Linien in den seitlichsten Theilen etwas geringer zu nehmen sein.

nen Flächenräume erscheinen doch in den ganz excentrischen Theilen von verschiedener Grösse.

Die sämmtlichen Richtungstäuschungen, welche die Fig. 43 vereinigt zur Anschauung bringt, lassen sich nun auch durch eine Reihe einzelner Versuche nachweisen, wenn man den Mittelpunkt eines weissen Papierblattes starr fixirt und dann in den Seitentheilen des Sehfeldes je zwei schwarze Papierstreifchen in angemessener Distanz so verschiebt, dass sie vertical über einander oder horizontal neben einander zu liegen scheinen. Man gewinnt dann durch die Combination der einzelnen Versuche eine der Fig. 43 entsprechende Anordnung der scheinbaren Vertical- und Horizontalrichtungen. Bei der Figur 43 selbst macht sich endlich noch deutlich die Neigung, sie perspectivisch zu sehen, fühlbar. Dabei ist es aber auffallend, dass die perspectivische Vorstellung während der starren Fixation und diejenige, die man gelegentlich bei bewegtem Blick gewinnt, von entgegengesetzter Beschaffenheit sind. Bei starrer Fixation der Mitte der Figur hat man nämlich die Vorstellung, dass die Mitte selbst abgeflacht sei, während die Seitenränder von dem Auge weggewendet scheinen, so dass das Ganze den Eindruck einer mit ihrer convexen Seite dem Beschauer zugekehrten flachen Schüssel macht. Führt man dann aber den Blick über die Linien der Figur hinweg, so kehrt sich plötzlich das Relief um: der Rand der Figur erscheint dem Auge näher, die Mitte ihm ferner; das Ganze macht jetzt den Eindruck einer Schüssel, die mit ihrer Hohlfläche dem Sehenden zugekehrt ist. Doch bleibt dieses Bild nicht bestehen, sondern es hat fortwährend die Neigung, wieder in das entgegengesetzte Relief überzuspringen, wodurch die Figur, namentlich wenn man den Blick abwechselnd bewegt und ruhig hält, einen eigenthümlich unruhigen, besonders an ihren Seitentheilen auf- und abwogenden Eindruck macht.

Der Zusammenhang der an Fig. 43 wahrzunehmenden Richtungstäuschungen theils mit den Bewegungen des Auges, theils mit den in Folge dieser Bewegungen eintretenden Veränderungen der Projection der Netzhautbilder in den Raum ist ein so augenfälliger, dass es in diesem Falle kaum erforderlich sein dürfte, andere mögliche Erklärungsweisen zu erörtern. Auch sind, nachdem der Versuch von Recklinghausen's, die Erscheinungen dioptrisch, aus der mangelhaften Centrirung des Auges, zu erklären, allseitig als unhaltbar

erkannt ist, andere, irgendwie durchgeführte Erklärungsversuche überhaupt nicht mehr aufgetreten. Denn in dem von manchen Autoren gebrauchten Ausdruck, dass sich das Sehfeld im indirecten Sehen allseitig in radialer Richtung zusammenziehe, wobei zugleich diese Zusammenziehung im peripherischen Theil des Sehfeldes grösser sei als im centralen, ist offenbar nur eine Beschreibung der Erscheinung gegeben, bei der man vorläufig darauf verzichtet, diese zu den andern Erscheinungen, auf die sie hinweist, in Beziehung zu bringen.

Den Zusammenhang der an Fig. 43 wahrzunehmenden Richtungstäuschungen mit den Bewegungen des Auges kann man sich am einfachsten vergegenwärtigen, wenn man die Veränderungen betrachtet, die ein gegebenes Netzhautbild in Folge wechselnder Projection in den Raum erfährt, Veränderungen, die sich unmittelbar an Nachbildern beobachten lassen. Erzeugt man in einer Ausgangsstellung des Auges, in der die Sehfeldebene *AB* (Fig. 44) auf der Blicklinie *ab* senkrecht steht, durch längeres Anstarren eines farbigen rechtwinkeligen Kreuzes $\alpha\beta\gamma\delta$ ein hinreichend dauerndes complementäres Nachbild desselben, und bewegt man dann die Blicklinie aus der Richtung *ab* in irgend eine schräge Richtung *ac*, so behält das Nachbild $\alpha\beta\gamma\delta$ nur dann die Form eines rechtwinkeligen Kreuzes unverändert bei, wenn sich bei der Bewegung der Blicklinie auch das Sehfeld *AB* entsprechend bewegt hat, so dass es in eine Lage *A'B'* überging, in der es wiederum zur Blicklinie senkrecht ist. Hat dagegen das Sehfeld seine ursprüngliche

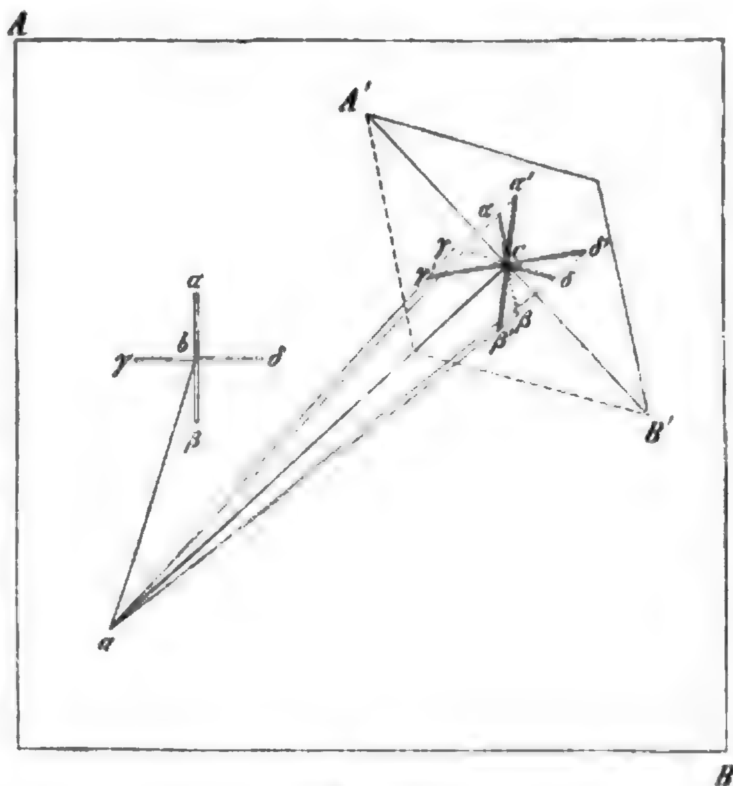


Fig. 44.

Lage beibehalten, so erhält man die Lage des Kreuzes auf *A B*, wenn man $\alpha\beta\gamma\delta$ von der zu *a c* senkrechten Ebene *A'B'* auf *A B* perspectivisch projicirt: man erhält so das schräge Kreuz $\alpha'\beta'\gamma'\delta'$. In der That kann man im Versuch leicht diese Formänderung des Nachbildes beobachten. Führt man nun solche Beobachtungen für die verschiedensten Theile des Sehfeldes aus, so zeigt sich, dass die Abweichungen der Kreuzarme von der Senkrechten ihrer Richtung und, so weit sich dies wahrnehmen lässt, auch ihrer Grösse nach den Abweichungen entsprechen, welche in Fig. 43 die scheinbar verticalen und horizontalen Linien im indirecten Sehen darbieten. Man kann also sagen: bei unbewegter Blicklinie fassen wir die Richtungen indirect gesehener Linien so auf, wie sie im directen Sehen erscheinen müssten, wenn der Blick bei unveränderter Lage des Bildes auf der Netzhaut von den Seitentheilen des Sehfeldes zu seinem jetzigen Fixationspunkte übergeführt würde. Oder mit andern Worten: bei starrer Fixation werden die perspectivischen Veränderungen des Netzhautbildes in den Seitentheilen des Sehfeldes nach den Eigenschaften der Objecte im directen Sehen berichtigt. Natürlich kann es sich nun dabei nicht um eine Berichtigung im logischen Sinne handeln, sondern nur um einen Einfluss, den in Folge unzähliger gewohnheitsmässiger Associationen die direct gesehenen auf die indirect gesehenen Theile ausüben. Fortwährend erfahren unsere Netzhautbilder, wenn wir den Blick hin- und herwandern lassen, perspectivische Veränderungen, die wir in Folge ihrer festen Gebundenheit an bestimmte Bewegungen des Auges nicht auf die Objecte selbst, sondern eben auf die Veränderungen des Standpunktes unseres Auges zu ihnen beziehen, indem wir dabei als Mass der wirklichen Beschaffenheit des Objectes dasjenige Bild betrachten, das uns dieses bei senkrechter Stellung des Sehfeldes zur Visirebene liefert. Auf diese Weise kommen demnach die an der Fig. 43 zum Ausdruck kommenden Richtungstäuschungen in ganz analogem Sinne unter dem Einfluss der Augenbewegungen oder vielmehr unter dem zusammenwirkenden Einfluss von Netzhautbild und Augenbewegung zu Stande, wie dies bei der in Fig. 42 dargestellten einfacheren Richtungstäuschung geschieht.

Auf ein solches Zusammenwirken von Netzhautbild und Augenbewegung sind schliesslich auch die oben erwähnten perspectivischen Täuschungen zurückzuführen, die man theils bei starrer

Fixation, theils bei der Bewegung des Blicks an der Fig. 43 bemerkt. Dabei sind aber hier die Einflüsse wieder entgegengesetzter Art, je nachdem entweder der Grössenunterschied der Vierecke oder der Verlauf der Richtungslinien den vorwiegenden oder selbst ausschliesslichen Einfluss ausübt. Bei starrer Fixation erscheinen alle Vierecke rechtwinkelig und die gegen die Mitte hin gelegenen sogar als gleich grosse Quadrate. Die Mitte der Figur wird darum hier in einer einzigen Ebene gesehen. Die am meisten excentrischen Vierecke erscheinen dagegen grösser als die mittleren; da sie aber zugleich von den nämlichen geraden Linien eingefasst erscheinen wie die mittleren Quadrate, so wird der Eindruck der bedeutenderen Grösse als ein bloss scheinbarer aufgefasst, und sie werden so, der für scheinbare Grössenunterschiede bestehenden allgemeinen Regel gemäss, in grössere Ferne verlegt. Auf diese Weise kommt jenes bei fixirendem Blick vorhandene Bild einer von der Rückseite betrachteten Schüssel zu Stande. Sobald man dagegen das Auge bewegt, so nimmt man die gebogene Beschaffenheit der zuvor gerade erscheinenden Richtlinien wahr, und in Folge dessen erscheint nun die zunehmende Grösse der seitlich gelegenen Vierecke als Ausdruck ihrer zunehmenden Annäherung an das Auge. Darum erscheint jetzt die Figur im Gegensatze zur vorigen Ansicht als das perspectivische Bild einer Schüssel, die mit ihrer Hohlseite dem Beschauer zugekehrt ist.

§ 7. Associationstäuschungen.

Associationen mit geläufigen und durch die dargebotene Zeichnung nahe gelegten Vorstellungen spielen bei allen variabeln Täuschungen eine Rolle; nur bei den constanten Strecken- und Richtungstäuschungen bleiben sie ausser Betracht oder kommen nur in sehr nebensächlicher und gelegentlicher Weise zur Geltung, wie in dem zuletzt erörterten Fall der Richtungstäuschungen im indirecten Sehen. Aber auch bei den bisher betrachteten variabeln Täuschungen ist jene Rolle der Association eine secundäre. Bei den umkehrbaren perspectivischen Täuschungen ist es eine bestimmte Art der Blickbewegung oder der Fixation, welche durch Association eine bestimmte Reliefvorstellung wachruft. In den übrigen Fällen sind es

bestimmte Eigenschaften der Objecte, die zunächst Grössen- oder Richtungstäuschungen hervorbringen, an welche dann als Folgewirkungen von im wesentlichen compensatorischer Bedeutung wiederum durch Association perspectivische Vorstellungen sich anschliessen. Gegenüber allen diesen Formen von Täuschungen, bei denen der psychologische Vorgang der Association erst durch bestimmte physiologische Bedingungen hervorgerufen wird, bezeichnen wir nun solche Täuschungen, bei denen jener Vorgang direct wirksam ist, speciell als »Associationstäuschungen«.

Zwei Gruppen von Erscheinungen sind es, die hierher gehören, und die auf bekannte Associationsformen zurückführen. Erstens beobachten wir, dass sehr kleine Unterschiede zwischen irgend welchen räumlichen Gebilden, seien es nun einfache lineare Strecken, Winkel oder geschlossene Figuren, übersehen werden, wenn sie sehr klein sind: zwei gerade Linien, zwei Winkel, zwei ähnliche Figuren von wenig verschiedener Grösse erscheinen gleich gross. Sind zwei congruente Raumgebilde, z. B. zwei gleiche Strecken, Winkel, Kreise, in zwei neben einander dargebotenen Feldern einer Zeichnung das eine Mal von minimal grösseren, das andere Mal von minimal kleineren Gebilden der gleichen Art umgeben, so kann daher eine scheinbare Veränderung nach verschiedenen Richtungen stattfinden, so dass nun, wenn die beiden Gruppen ähnlicher Umgebungsobjecte übermerklich verschieden sind, auch die in Wirklichkeit gleichen Objecte selbst im Sinne ihrer Umgebung verschieden erscheinen. Neben der in den allgemeinen Eigenschaften unserer Sinnesempfindung begründeten begrenzten Fähigkeit unserer Auffassung räumlicher Unterschiede spielt hierbei ein Associationsvorgang, der mit dem der so genannten »Gleichheitsassociation« von einerlei Art ist, eine wichtige Rolle. Dies geht namentlich daraus hervor, dass jenes Uebersehen kleiner Unterschiede wesentlich begünstigt ist, wenn ein bestimmtes Object von einer Mehrzahl anderer umgeben wird. In diesem Falle wird dann durch diese Mehrzahl die Richtung der Veränderung bestimmt, indem das singulär gegebene Object im Sinne der es umgebenden mehreren Objecte verändert erscheint. Wir wollen die so entstehenden Täuschungen als die Täuschungen durch Angleichung bezeichnen.

Zur zweiten Grundform von Associationstäuschungen sind umgekehrt die Bedingungen dann gegeben, wenn wiederum zwei congruente Raumgebilde mit einander verglichen werden, von denen sich aber das eine in einer Umgebung befindet, die aus ähnlichen, bedeutend grösseren Gebilden besteht, während das andere von sehr viel kleineren umgeben ist. Es erscheint dann das nämliche Gebilde im Verhältniss zur grösseren Umgebung kleiner und im Verhältniss zur kleineren grösser: beide erscheinen darum wiederum von einander verschieden, aber im entgegengesetzten Sinne als vorhin. Augenscheinlich handelt es sich bei dieser associativen Vergleichung um einen Vorgang, der dem bei den Contrasterscheinungen auf andern Sinnesgebieten, insoweit diese Erscheinungen eine psychologische Bedeutung haben, durchaus entspricht. Die hierher gehörigen Täuschungen können wir daher Täuschungen durch Contrast nennen.

Aus der Entstehungsweise dieser beiden Formen von Associationstäuschungen ergibt sich, dass zu einer Reihe von Angleichungstäuschungen einer bestimmten Art immer auch eine Reihe von Contrasttäuschungen gehört, indem, sobald man die Unterschiedsgrenze, bei der eben noch Angleichung eintritt, überschreitet, diese zunächst verschwindet und dann in Contrast übergeht, der nun bei weiterer Vergrösserung der Unterschiede bis zu einem bestimmten Maximum zunimmt. Da aber anderseits, sobald die Unterschiede der Angleichungsobjecte unmerklich werden, selbstverständlich auch die Veränderungen durch Angleichung verschwinden müssen, so sind überhaupt die Angleichungstäuschungen auf ein sehr enges Gebiet beschränkt und an Grösse viel unbedeutender als die Contrasttäuschungen. Hieraus erklärt sich auch, dass bis jetzt vorwiegend die letzteren beachtet worden sind. Die hauptsächlichsten Fälle echten Contrastes (nicht zu verwechseln mit den fälschlich hierher gerechneten Erscheinungen, vgl. oben S. 98) sind von Müller-Lyer mitgetheilt[1]. Auf die Angleichungstäuschungen hat, so viel ich sehen kann, schon Lipps[2]) hingewiesen. Sie sind am deutlichsten an Winkeln zu beobachten, wo sie mir selbst zuerst zufällig auffielen. Dies erklärt sich leicht aus dem nahen Zusammenhang dieser Täuschungen mit der Unterschiedsempfindlichkeit: diese ist nämlich für Richtungsunterschiede

1) Müller-Lyer, Zeitschrift f. Psychol. und Physiol. der Sinnesorgane, IX, S. 3.
2) Ebend. XII, S. 53.

erheblich geringer als für Streckenunterschiede; es kann daher auch dort in etwas weiterem Umfange eine Veränderung durch Angleichung stattfinden als hier.

Die Figuren 45 und 46 zeigen Beispiele der Angleichung und des Contrastes bei der Vergleichung von Strecken. In beiden Figuren ist die mittlere der dreigetheilten geraden Linien immer gleich gross, nämlich = 20 mm. In der oberen Linie der Fig. 45 betragen die äusseren Strecken 21, in der unteren 19 mm. Bei der Vergleichung ist man geneigt, dort auch die mittlere für grösser, hier für kleiner zu halten. Die Fig. 46 zeigt dieselbe Strecke von 20 mm oben von zwei viel kleineren, unten von zwei beträchtlich grösseren Strecken eingeschlossen. Hier erscheint die Strecke oben deutlich grösser als unten. Diese Contrasttäuschung ist, wie man sieht, viel bedeutender als die Angleichungstäuschung. Hier kann man schon durch das blosse Augenmass bei sorgfältiger Vergleichung die anfängliche Täuschung corrigiren, oder es kann sogar vorübergehend ein Umschlag in die Contrastwirkung und dadurch die Neigung zu einer umgekehrten Schätzung entstehen; bei der Contrastfigur ist das ganz unmöglich.





Fig. 45.





Fig. 46.

Einen etwas grösseren Spielraum hat die Angleichung bei Winkeln, wie die Fig. 47 zeigt, wo der mittlere Winkel in beiden Zeichnungen gleich gross, aber im einen Fall zwischen zwei grösseren, im andern zwischen zwei kleineren schwarzen Sectoren eingeschlossen ist. Dort ist man geneigt, den mittleren Winkel durch Angleichung vergrössert, hier verkleinert zu sehen. Aber auch in diesem Fall ist wieder die in Fig. 48 wahrzunehmende Contrasttäuschung viel augenfälliger.

Entsprechend diesem grösseren Umfang der Contrastwirkungen bemerkt man bei ihnen allein zugleich perspectivische Neben-

vorstellungen, analog denen, die bei andern Grössentäuschungen zu beobachten sind. Bei den Contrastfiguren 46 und 48 ist man geneigt, bei starrer Fixation jedesmal diejenige Figur ferner zu sehen,



Fig. 47.

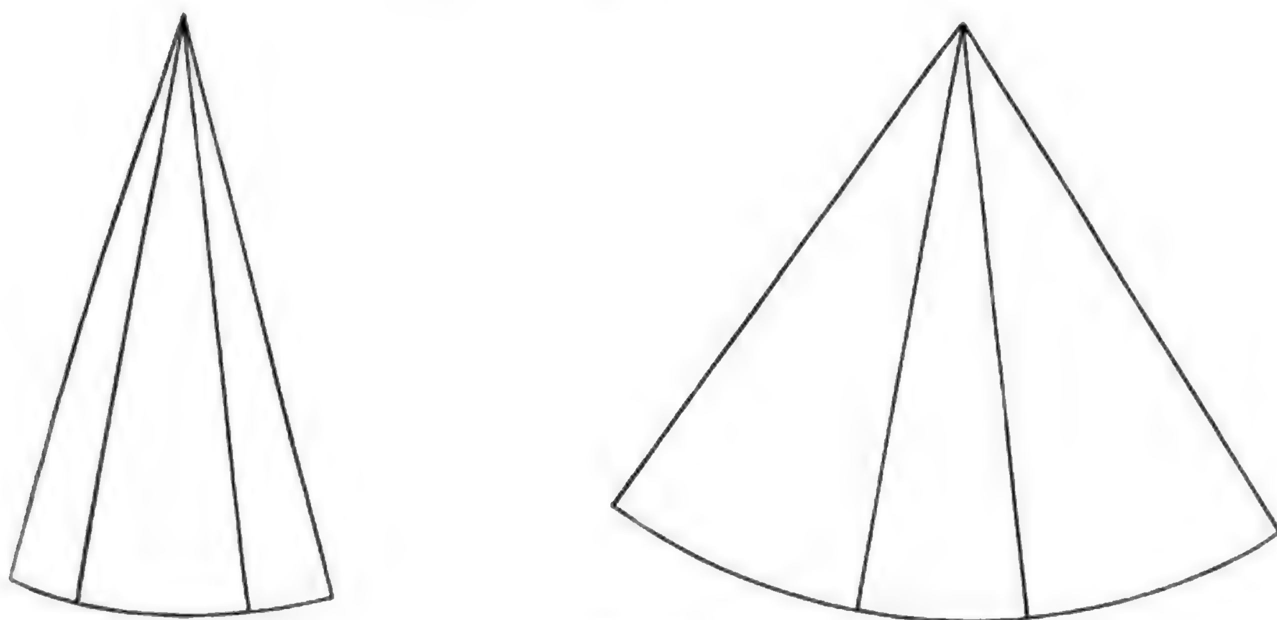


Fig. 48.

welche die durch Contrast vergrösserten Theile, Strecken oder Winkel, enthält. Noch deutlicher zeigt die von EBBINGHAUS mitgetheilte Contrastfigur 49 neben dem Contrast diese begleitende perspectivische Wirkung. Der mittlere Kreis ist in beiden Gruppen gleich gross, aber rechts von grösseren Kreisen umgeben erscheint er kleiner, links

von kleineren umgeben grösser. Der Kreis links erscheint nun bei der Fixation eines zwischen beiden Zeichnungen gelegenen Punktes ferner, der Kreis rechts näher, eine Wirkung, die noch durch den wirklichen Grössenunterschied der äusseren Kreise in beiden Gruppen unterstützt

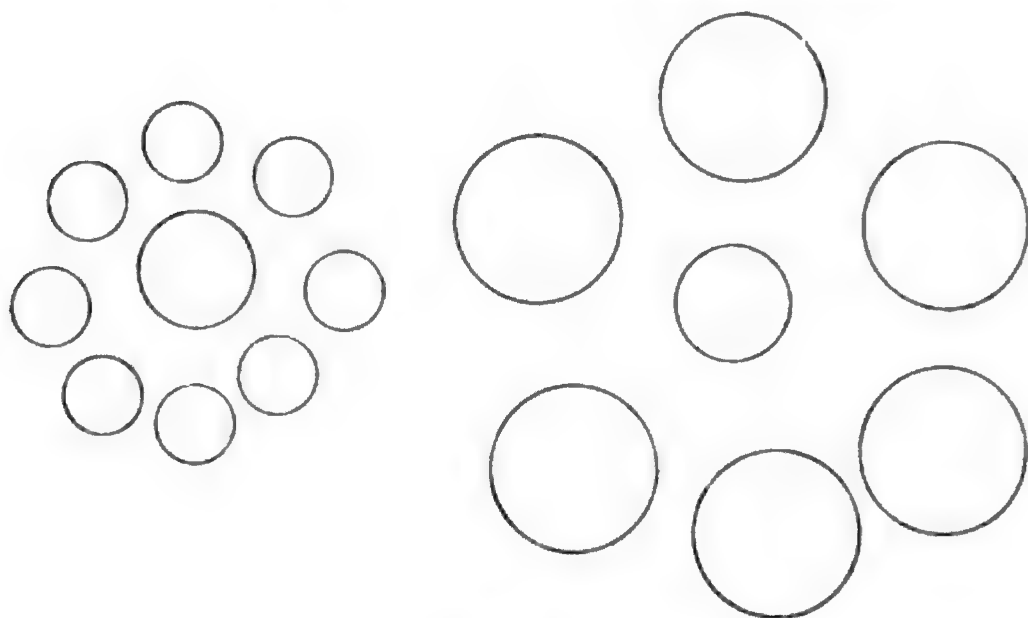


Fig. 49.

werden mag, da dieselbe leicht als die perspectivische Darstellung eines näheren und eines ferneren Objectes angesehen werden kann.

Einen Specialfall der Associationstäuschungen, bei dem jedoch in einzelnen Fällen Motive der Augenbewegung nicht ausgeschlossen sind, bilden diejenigen scheinbaren Grössenänderungen von Figuren, die durch ihr verschiedenes Verhalten zu leeren Zwischenräumen entstehen. Auch diese »Zwischenraumstäuschungen«, wie wir sie kurz nennen wollen, zerfallen wieder in Erscheinungen der Angleichung und des Contrastes. Dabei pflegt die Angleichung durch die Häufung des Motivs bei der Wiederholung gleicher Figuren augenfälliger zu werden. So zeigt die Fig. 50 zwei Gruppen horizontaler Linien von gleicher Grösse. Die Linien der oberen Gruppe sind aber durch engere Zwischenräume getrennt als die der unteren. In Folge dessen erscheinen dort auch die Linien selbst gewöhnlich etwas kleiner als hier. Die nämliche



Fig. 50.

Täuschung kommt bei der Beurtheilung von Druckschriften vor. Typen einer und derselben Druckschrift erscheinen grösser, wenn die Zeilen durch stärkeren Durchschuss von einander getrennt sind[1]. Uebrigens spielt bei dieser Täuschung offenbar die Bewegung des Auges eine mitwirkende Rolle. Indem der Blick bei der Betrachtung der unteren Gruppe der Fig. 50 eine grössere Strecke durchmisst, nimmt jedes einzelne Object an dieser Vergrösserung theil, ähnlich wie bei dem Typus *B* der Müller-Lyer'schen Figur 16 (S. 88) das Schweifen des Blicks über die Endpunkte der Geraden eine scheinbare Vergrösserung derselben herbeiführt. Damit stimmt überein, dass die Täuschung der Fig. 50 bei starrer Fixation eines zwischen den beiden Gruppen gelegenen Punktes ganz oder fast ganz verschwindet. Damit ist dann aber stets zugleich eine perspectivische Vorstellung in der bei den variabeln Grössentäuschungen regelmässig wiederkehrenden Weise verbunden: die untere Gruppe erscheint nämlich jetzt ferner als die obere.

Eine Zwischenraumstäuschung, welche dem Contrastgebiet angehört, zeigt die von Müller-Lyer herrührende Figur 51. In ihr erscheinen aber, im Unterschiede von Fig. 50, nicht die Objecte, sondern die Zwischenräume durch ihr Verhältniss zu den Objecten verändert. Zwischen den oberen und den unteren Rechtecken der Figur ist nämlich der Zwischenraum gleich gross. Dort erscheint er aber zwischen den breiteren Rechtecken kleiner als hier zwischen den schmalen.

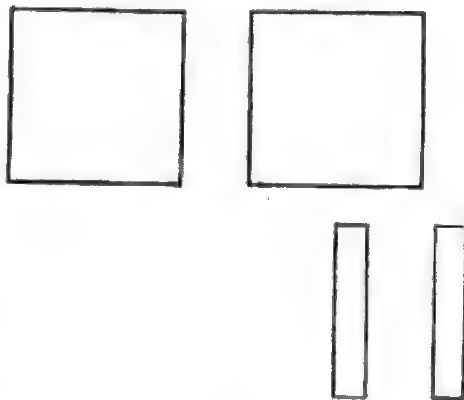


Fig. 51.

Trotz der mannigfaltigen Erscheinungsweisen, zu denen, wie diese schematischen Beispiele andeuten, die Associationstäuschungen Anlass geben können, spielen dieselben doch gegenüber den in den vorangegangenen Paragraphen betrachteten variabeln und constanten Täuschungen augenscheinlich eine secundäre Rolle. Jene auf physio-

1) Ein typographisches Beispiel siehe in meiner Physiol. Psychologie[4], II, S. 150.

logische Bedingungen zurückführenden Täuschungen verändern immer zunächst die Beschaffenheit einer Gesichtswahrnehmung, worauf dann erst diese rein psychologischen Motive ihre Wirkungen äussern können. Die Associationstäuschungen ordnen sich übrigens einer grossen Menge analoger Thatsachen im Gebiet der Sinneswahrnehmungen unter. Bei dem Contrast insbesondere liegt es nahe, an die Contrasterscheinungen im Gebiete der Lichtqualitäten zu denken. Doch darf man hierbei nicht übersehen, dass wir im letzteren Fall allen Grund haben, eine Vermischung rein physiologischer Wirkungen von Licht- und Farbeneindrücken mit den allgemeingültigen psychologischen Contrastwirkungen anzunehmen[1]). Diese, um die es sich allein bei den räumlichen Contrasttäuschungen handeln kann, führen aber, ebenso wie die ihnen gegenüberstehenden Erscheinungen der »Angleichung«, auf das für alle Sinneswahrnehmungen gültige Princip zurück, dass wir die Eindrücke im allgemeinen nicht isolirt, sondern in ihren Verhältnissen zu einander auffassen. Diese relative Auffassung kann dann je nach den besonderen Bedingungen entweder zu Angleichung oder zu Contrast führen: das letztere im allgemeinen da, wo es sich um grössere Unterschiede handelt.

Der psychologische Charakter dieser Täuschungen erhellt schon aus den Bedingungen ihrer Entstehung. Noch directer lässt er sich darthun, wenn man diese Bedingungen derart variirt, dass trotz der unverändert bleibenden Beschaffenheit der Objecte die Täuschung verschwindet. Dies geschieht nämlich immer dadurch, dass man weitere Bedingungen einführt, welche die Vergleichung erleichtern. So verschwindet der in Fig. 46 (S. 140) erscheinende Contrast völlig oder wird auf ein Minimum reducirt, wenn man, wie in Fig. 52, die durch Contrast nach entgegengesetzter Richtung veränderten Strecken von gleicher Grösse nahe unter einander und eine dritte gleich grosse Strecke, die keinem Contrasteinfluss unterworfen ist, zwischen ihnen anbringt. Hier wird offenbar die durch die unmittelbare associative Beziehung



Fig. 52.

1) Vgl. meinen Grundriss der Psychologie², S. 303.

der Strecken zu ihrer Umgebung verursachte Contrasttäuschung in Folge der möglich gewordenen genaueren Vergleichung beider mit einander aufgehoben. Wir werden aber gut thun, in beiden Fällen die Beziehung und Vergleichung eine »associative« zu nennen, weil sie mit der gleichzeitigen Einwirkung der beiden Vorstellungen ohne weiteres gegeben ist, ohne dass dabei ein vergleichendes Ueberlegen und Urtheilen stattzufinden braucht. Vielmehr gehören die durch Angleichung und Contrast entstehenden Effecte ebenso gut der unmittelbaren Sinneswahrnehmung an, wie die sonstigen Eigenschaften unserer Wahrnehmungen.

§ 8. Complicationen der Täuschungsursachen.

Selbstverständlich können sich die im Vorangegangenen erörterten verschiedenen Bedingungen geometrisch-optischer Täuschungen in einzelnen Fällen verbinden, so dass eine Täuschung bald in bestimmter Richtung verstärkt, bald aber auch durch eine entgegenwirkende Täuschungsursache ganz oder theilweise aufgehoben wird. Solche Complicationen sind in der That wegen der verschiedenartigen Motive, die irgendwie verwickeltere geometrische Figuren mit sich führen, so häufig, dass unvermeidlich schon die vorstehende Betrachtung, so sehr sie bemüht war die einzelnen Bedingungen zu isoliren, in einzelnen Fällen sie berühren musste. So haben wir z. B. in Fig. 12 *A* und *B* (S. 85) Complicationen der durch Eintheilung einer Form entstehenden Täuschung mit der constanten Ueberschätzung in verticaler Richtung kennen gelernt, eine Complication, bei der in *A* beide Täuschungsursachen in gleichem Sinne wirkten, während sie in *B* einander entgegen wirkten. So wirkt ferner bei dem Zoellnerschen Muster Fig. 37 (S. 119) die schräge Lage deshalb fördernd auf die perspectivische Täuschung, weil dabei die langen parallelen Geraden Fixationslinien abgeben, die man geneigt ist in dem Sinne zu durchlaufen, in welchem sie nach den bei den »umkehrbaren Täuschungen« (§ 2) erörterten Regeln die hier auftretende eindeutige Perspective hervorbringen müssen: also die erste Linie links von oben, die zweite von unten, und so fort abwechselnd. Natürlich ist die Zahl solcher Complicationen unbegrenzt. Es mag daher genügen, hier noch

einige bekanntere Beispiele von Täuschungen anzuführen, die ohne weiteres auf mehrere Täuschungsursachen zurückführen. Wir wollen dabei so viel als möglich die verschiedenen Classen der im Obigen besprochenen Täuschungen berücksichtigen.

An die vorhin erwähnten Täuschungen der Fig. 12 (S. 85) schliesst sich unmittelbar, als analoge Complication variabler mit constanten Täuschungen, die in Fig. 53 dargestellte Täuschung an. Die Höhe sowohl wie die obere und untere Endlinie beider Figuren sind gleich. In *A* aber erscheint die Höhe niedriger, die horizontalen Endlinien dagegen erscheinen grösser als in *B*. Offenbar hat man



Fig. 53.

es hier mit einer Complication der constanten Täuschung bei der Vergleichung verticaler und horizontaler Strecken mit der MÜLLER-LYER'schen Täuschung (Fig. 16, S. 88) zu thun, indem in Fig. 53 *A* das Motiv des Typus *B*, in *B* das des Typus *A* auf die Horizontalen einwirkt.

Auf einer etwas verwickelteren Complication, jedoch ebenfalls mit starkem Uebergewicht eines Factors, beruhen die Täuschungen am Dreieck, die den geometrischen Zeichnern wohl längst bekannt sind, aber zuerst von OPPEL[1]) näher erörtert wurden. Die Fig. 54 *A* lässt diese Täuschungen, so weit sie sich auf die Linien des Dreiecks beziehen, mittelst der in ihr angebrachten Halbirungspunkte erkennen. Die Dimensionen des Dreiecksinhaltes nehmen natürlich an den scheinbaren Verlängerungen und Verkürzungen der Begrenzungslinien unmittelbar theil, so dass sie der besonderen Hervorhebung nicht bedürfen. In dem gleichschenkligen Dreieck, von dessen Spitze eine Senkrechte zur Basis gezogen ist, trifft die Täuschung am meisten diese Senkrechte selbst, etwas weniger die Seitenschenkel, am wenigsten endlich die Hälfte der Basis. Die Täuschung ist aber

1) Jahresber. des physik. Vereins zu Frankfurt a. M. 1856—57, S. 48 f.

in diesen drei Fällen von gleicher Art: sie besteht überall darin, dass der Halbirungspunkt gegen den nächstgelegenen spitzen Winkel oder, wo zwei spitze Winkel in Frage kommen, wie beim Seitenschenkel, gegen den nächsten spitzeren Winkel hin gerückt zu sein scheint.

Bei dieser Täuschung können nun nach unseren früheren Erörterungen möglicher Weise drei Momente zusammenwirken. Zunächst wird man 1) an die Müller-Lyer'sche Figur vom Typus *A* (Fig. 16, S. 88) zu denken haben. In der That ist es in Anbetracht der Grösse der Streckentäuschungen, die sie hervorbringt, zweifellos, dass sie ganz vorzugsweise die scheinbare Verschiebung des Halbirungspunktes erzeugt. Der Winkel an der Spitze des Dreiecks wiederholt nämlich für die Senkrechte vollständig, für den Seitenschenkel und die halbe Grundlinie aber zur Hälfte das verkürzende Motiv jenes Typus *A*. Da von vornherein anzunehmen ist, dass die von den schrägen Ansatzstücken ausgehende verkürzende Wirkung am meisten den diesen Stücken nächstliegenden Theil der Geraden trifft, so erklärt sich daraus ohne weiteres die Scheinverschiebung des Halbirungspunktes. Dies bestätigt die Fig. 55, in der von dem ganzen Dreieck nichts beibehalten ist, als die mittlere Senkrechte und das verkürzende Motiv an der Spitze, und wo der Halbirungspunkt der Senkrechten die nämliche scheinbare Verschiebung, nur um einen ganz geringen Betrag vermindert, zeigt, wie in Fig. 54 *A*. Ebenso weisen die Veränderungen, welche die Grösse der Täuschung in Folge der Variirung der Dreiecksform erfährt, zumeist auf dieses Motiv hin. Sie bestehen hauptsächlich darin, dass, wenn man das Dreieck allmählich aus einem gleichschenkeligen in ein rechtwinkeliges überführt, die Täuschungen abnehmen, indem, sobald der eine Schenkel mit der Lothlinie zusammenfällt,

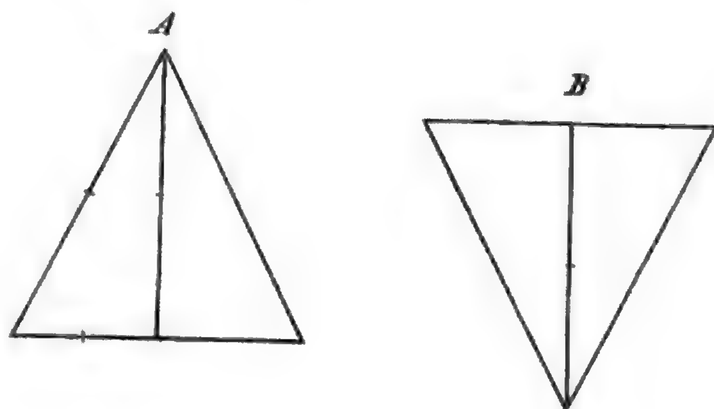


Fig. 54.


Fig. 55.

nun auf dieser die Täuschung auf denselben relativen Betrag herabsinkt, den sie in Fig. 54 *A* auf der halben Grundlinie zeigt, während sie auf dem schrägen Schenkel entweder ganz oder nahezu null geworden ist. Lässt man von da aus das Dreieck weiterhin in ein stumpfwinkeliges übergehen, so nimmt dann auf der jetzt ausserhalb der Dreiecksfläche liegenden Lothlinie die Täuschung sehr rasch wieder zu.

Zu dieser Wirkung des Typus *A* des Motivs der Fig. 16 oder 55 muss nun als eine nothwendige Complication 2) die constante Grössentäuschung bei der Vergleichung höher und tiefer gelegener Theile einer verticalen Strecke hinzutreten (S. 106). Da der obere Theil einer solchen Strecke gegenüber dem unteren überschätzt wird, so muss diese constante Täuschung, die hauptsächlich für die Theilung der Senkrechten, in etwas geringerem Masse aber auch noch für die des schrägen Schenkels in Betracht kommt, der vorhandenen Täuschung entgegenwirken: diese müsste ohne jene constante Streckentäuschung noch bedeutender sein. Bei dem geringen Betrag der constanten Täuschung ist jedoch von vornherein anzunehmen, dass durch diese Complication nur eine sehr geringe Modification der wahrzunehmenden Täuschung erzeugt wird. In der That bestätigt sich das, wenn man dem Dreieck, wie in Fig. 54 *B*, die umgekehrte Lage gibt wie vorhin, so dass nun die variable Täuschung durch jene constante verstärkt werden muss. Die hierdurch erzielte Veränderung ist offenbar so unerheblich, dass der Einfluss dieser Complication als ein verschwindend kleiner gegenüber dem bedeutenden Betrage der ganzen Täuschung angesehen werden kann.

Hierzu kommt endlich noch 3) als ein wenigstens möglicher Einfluss der der spitzen Winkel, der eine Richtungstäuschung und in Folge dieser eine perspectivische Täuschung zur Folge haben kann. Die Winkeltäuschung muss in Fig. 54 in erster Linie die Winkel an der Spitze treffen, und ihre perspectivische Compensation kann nur darin bestehen, dass die Spitze dem Beschauer näher als die Basis zu liegen scheint. Dadurch werden aber auf der Senkrechten und auf der der Spitze anliegenden Seite perspectivische Verkürzungen entstehen, welche dem Sinne nach den wirklich wahrzunehmenden entsprechen. Auch der Betrag dieses Factors wird jedoch im allgemeinen als ein relativ unerheblicher zu veranschlagen sein. Für seinen Einfluss spricht die Beobachtung, dass man bei monocularer

Betrachtung stets eine gewisse Neigung empfindet, das Dreieck in der angegebenen Weise perspectivisch zu sehen, wesentlich verschieden von andern einfachen Figuren, wie z. B. Quadrat oder Kreis. Begünstigend mag hier beim Dreieck wirken, dass die schrägen Linien desselben als Fixationslinien ähnlich wie bei den einfachen perspectivischen Täuschungen (Fig. 1 u. f.) wirken. Für den geringen Betrag der perspectivischen Streckentäuschung spricht aber der in der Regel sehr geringe Grad dieser perspectivischen Vorstellung. Damit dieselbe augenfälliger werde, müssen die sie herausfordernden Winkeltäuschungen bedeutender sein, als es bei einfachen, nicht durch Häufung (wie in den Mustern Fig. 34 u. f.) wirkenden Figuren der Fall ist. Uebrigens hat auch die Halbirung der Dreieckslinien, wie sie in Fig. 54 ausgeführt ist, eine secundäre perspectivische Wirkung im gleichen Sinne wie die Winkelvergrösserung zur Folge, da die scheinbare Verkürzung der einen Hälfte perspectivisch als Ausdruck ihrer grösseren Nähe aufgefasst werden kann.

Ein Beispiel einer analogen Complication, bei der jedoch die verschiedenen Täuschungsursachen sämmtlich im gleichen Sinne wirken, ist die Poggendorff'sche Täuschung Fig. 56, die theilweise in einer etwas andern Form schon in Fig. 38 (S. 123) behandelt worden ist. In Fig. 56 *A* erscheint die untere Fortsetzung *b* der den rechteckigen Streifen durchsetzenden Schrägen *ab* stark nach unten verschoben, so dass nicht *b*, sondern eine höher liegende zu *a* parallele Linie *c* die Fortsetzung von *a* zu sein scheint. Dem entsprechend scheinen in Fig. 56 *B* die drei Bruchstücke der Geraden *ab* drei verschiedenen, parallel gegen einander verschobenen Linien anzugehören. Nun haben wir in dem Vorangegangenen drei Täuschungsursachen kennen gelernt, die zu diesem Erfolg beitragen können, nämlich: 1) die bei Fig. 38 erörterte Ueberschätzung spitzer Winkel, 2) die constante Ueberschätzung verticaler Strecken gegenüber horizontalen, 3) die Ueberschätzung ausgefüllter Strecken gegenüber nicht ausgefüllten (Fig. 10—12 S. 82). Da diese drei Ursachen

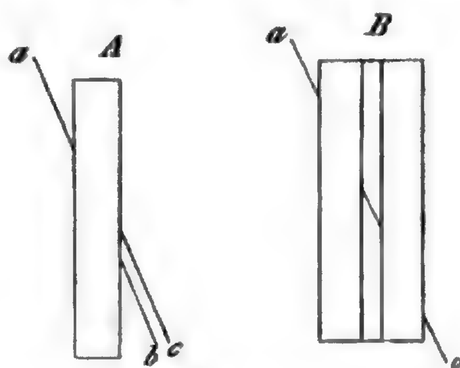


Fig. 56.

im einzelnen als wirksam nachgewiesen sind, so müssen sie auch bei der Täuschung der Fig. 56 zusammenwirken.

Hieran mag endlich noch als ein letztes Beispiel von Complication einer constanten und einer variabeln Täuschungsursache, bei dem aber im Unterschied von den bisherigen Fällen die constante Täuschung vorherrscht, eine von J. LOEB[1]) beschriebene Erscheinung angereiht werden. Während der Kopf feststeht und das Auge einen Punkt der in der Medianebene liegenden Linie *M* fixirt, bringe man (Fig. 57 *A*) seitlich, z. B. rechts, von der Medianlinie *M* zwei lange

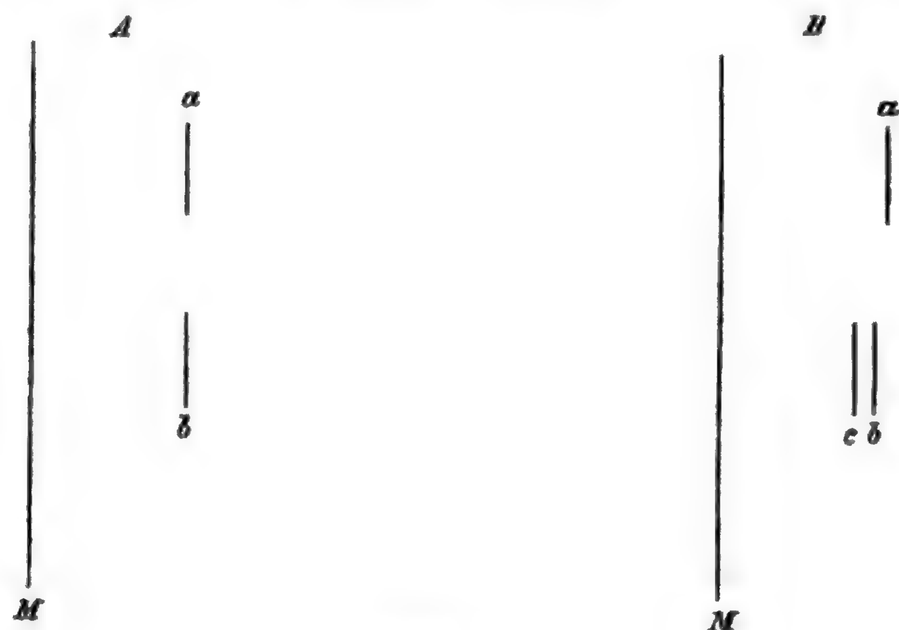


Fig. 57.

verticale Streifen *a* und *b* aus schwarzer Pappe in einiger Entfernung von einander an und stelle die Aufgabe, diese Streifen so einzustellen, dass *b* in der Verlängerung von *a* liegt. Dabei werden verhältnissmässig nur kleine constante Fehler begangen. Namentlich dann, wenn *M* durch einen dicken verticalen Streifen bezeichnet ist, sind bei diesem Versuch *a* und *b* nahezu wirklich in einer Geraden gelegen, die dem Streifen *M* parallel ist. Bringt man nun aber einen dritten Streifen *c* zwischen *M* und *b* an, so muss man *b* näher an *M* heranschieben, damit es als Fortsetzung von *a* erscheine, so wie dies in Fig. 57 *B* angedeutet ist. Der zwischenliegende Eindruck hat also die Wirkung, dass er die Vorstellung des Zwischenraums

1) PFLÜGER'S Archiv, LX, S. 512 ff.

zwischen *M* und *b* vergrössert. Da dieser Effect dem sonst durch einmalige Eintheilungen hervorgebrachten (S. 87) genau entgegengesetzt ist, so kann er auch mit der Eintheilung des Zwischenraumes an sich nicht wohl etwas zu thun haben. Um ihn zu analysiren, wollen wir den Versuch variiren. Hier wird man zunächst als einfachstes Vorbild der Anordnung in Fig. 57 *A* die anzusehen haben, wo der Fixationspunkt in *M* bloss durch ein punktförmiges Object repräsentirt ist, und wo sich an Stelle von *a* und *b* ebenfalls annähernd physische Punkte befinden. Man stelle also den Versuch, statt mit langen Streifen, mit kleinen quadratischen oder runden Papierschnitzeln an. Damit ist aber die Versuchsanordnung *A* in eine derjenigen übergegangen, mittelst deren sich, wie wir früher sahen, die Recklinghausen'sche Täuschung (Fig. 43 S. 133) nachweisen lässt. Wählt man nun für die Objecte *a* und *b* lange geradlinige Streifen, so verringert sich diese Täuschung, und sie verringert sich noch mehr, wenn man, wie in Fig. 57 *A*, auch durch den Fixationspunkt in *M* einen langen Streifen gehen lässt, offenbar weil jetzt der Eindruck der Richtungen dieser sämmtlichen geraden Streifen im Netzhautbilde so mächtig wird, dass er die Recklinghausen'sche Täuschung ganz oder wenigstens nahezu compensirt. Dies ändert sich jedoch wenn, wie in *B*, zwischen *M* und *b* ein weiterer Streifen *c* eingeschaltet wird. Liegt *c* nahe genug bei *b*, so bemerkt man jetzt leicht, dass eine gewisse Unsicherheit darüber entsteht, ob *c* oder *b* die Fortsetzung von *a* sei. Dabei erhält zwar immer noch *b* als die in Wirklichkeit näher liegende Linie den Vorzug; aber eine gewisse Neigung entsteht doch, *a* näher an *c* heranzurücken. In der That beobachtet man, so weit das Augenmass hierüber Rechenschaft geben kann, dass die Wirkung von *c* nicht sowohl in einer Vergrösserung der scheinbaren Distanz zwischen *M* und *b*, als vielmehr in einer Veränderung derjenigen zwischen *M* und *a* besteht. Dieser Effect wird aber durch eine Winkeltäuschung hervorgebracht, die durch die Einschaltung von *c* im Sinne der früher an den Figuren 39—41 (S. 125 ff.) erörterten Täuschungen in Folge von imaginären Fixationslinien eintreten muss. Denkt man sich vom unteren Ende des Streifens *a* in Fig. 57 *B* nach *b* und *c* Linien gezogen, so bilden diese einen spitzen Winkel, der in Folge seiner scheinbaren Vergrösserung der Linie *a* eine schwach nach unten und

einwärts gerichtete Neigung im Sinne der RECKLINGHAUSEN'schen constanten Täuschung gibt. Hiernach lässt sich die LOEB'sche Täuschung als ein Phänomen auffassen, bei dem die genannte constante Richtungstäuschung zuerst durch den Eindruck gleich gerichteter und paralleler gerader Linien aufgehoben (Fig. 57 *A*), und dann durch Compensation dieses Eindrucks mittelst der bekannten variabeln Winkeltäuschung wiederhergestellt wird (*B*). Ob ausserdem möglicher Weise der associative Einfluss der »Angleichung« in ähnlicher Weise wie in einigen unten noch zu erörternden Beispielen (Fig. 61) eine Rolle spielt, mag hier dahingestellt bleiben. Er würde als eine Unterstützung des Effectes der Winkeltäuschung in dem Sinne aufzufassen sein, dass *b* und *c* gleichzeitig eine angleichende Wirkung auf *a* ausüben[1]).

Hatten wir es in den bisherigen Beispielen mit Verbindungen variabler und constanter Strecken- und Winkeltäuschungen zu thun, so können sich nun auch weiterhin solche auf primäre physiologische Momente zurückführende Täuschungen mit verschiedenen Associationstäuschungen compliciren. Hierher dürfte zunächst eine bekannte, zuerst wohl von MÜLLER-LYER beschriebene Täuschung zu rechnen sein, die an Fig. 58 zu bemerken ist. Der untere kleine Bogen ist mit demselben Radius beschrieben, gehört also zum selben Kreise, wie der obere grosse Bogen. Er scheint aber zu einem Kreise von grösserem Radius zu gehören, der vom selben Centrum aus beschrieben ist. Die nächste Ursache der Täuschung liegt hier offenbar in einer relativen Ueberschätzung des kleinen Bogenstückes, die der bekannten Ueberschätzung spitzer Winkel entspricht. Indem nun die


Fig. 58.

1) LOEB's Erklärung dieser Täuschung aus dem »Contrast« leidet an den Mängeln der Contrasttheorie überhaupt (vgl. unten S. 160 ff.). Auch die Annahme von HEYMANS (Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorg. XIV, S. 119 ff.), dass die ZOELLNER'sche und die LOEB'sche Täuschung identisch seien, ist, wie aus der unmittelbaren Beziehung dieser zur RECKLINGHAUSEN'schen Täuschung hervorgeht, nicht haltbar. Schon der Umstand, dass die LOEB'sche Täuschung bloss bei starrer Fixation auftritt, die ZOELLNER'sche umgekehrt bei bewegtem Blick, wenigstens so weit sie Winkeltäuschung ist, auffallender wird, scheidet beide von einander.

Krümmung jenes Stückes nicht in gleichem Sinne verändert erscheint, sondern in einer dem Netzhautbilde entsprechenden Weise aufgefasst wird, muss die Vorstellung entstehen, dass das kleine Bogenstück mit grösserem Radius beschrieben sei. Ausserdem entsteht aber durch associative Beziehung der getrennten Kreistheile auf einander die Vorstellung, dass beide zu einem und demselben Mittelpunkte gehören; und dies führt dann nothwendig mit sich, dass der kleine Bogen wie zu einem Kreise gehörig erscheint, der, wenn man ihn ausführte, den oberen Kreis aussen concentrisch umgeben würde. Die Association, die hier mitwirkt, wird man in gewissem Sinne ebenfalls dem Begriff der »Angleichung« subsumiren können, insofern sie darin besteht, die Centren beider Kreisstücke einander »anzugleichen«. Dass beide in diesem Fall wirklich dasselbe Centrum haben, thut hierbei nichts zur Sache. Der Beschauer selbst weiss ja davon nichts, und für ihn würde es wegen der scheinbar veränderten Krümmung des kleinen Bogenstücks an und für sich viel näher liegen, beiden verschiedene Centren zu geben; aber daran wird er eben durch die Angleichung der beiden Kreise an einander verhindert.

Ein diesem völlig analoges, noch augenfälligeres Beispiel der Verstärkung einer Täuschung durch associative Angleichung bietet die Fig. 59. Diese Figur entspricht vollkommen den beiden Trapezen in Fig. 40 (S. 125). Wie dort das untere Trapez, so wird hier das untere Kreissegment kleiner geschätzt als das obere, obgleich beide genau gleich gross sind. Doch die Täuschung ist bei den Kreissegmenten bedeutend grösser als bei den Trapezen. Dies erklärt sich daraus, dass man geneigt ist, die beiden Segmente auf einen und denselben Mittelpunkt zu beziehen. Wenn aber wirklich beide einer und derselben Kreisfläche angehörten, so würde natürlich das untere Segment sehr viel kleiner sein müssen als das obere. Die Verstärkung der Täuschung erklärt sich also aus einer Verbindung der bei den Trapezen stattfindenden, der Zoellner'schen Figur entsprechenden Winkel- und Richtungstäuschung mit dieser

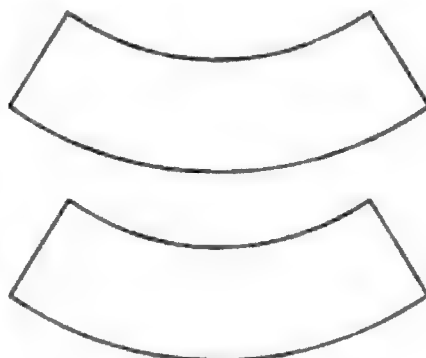
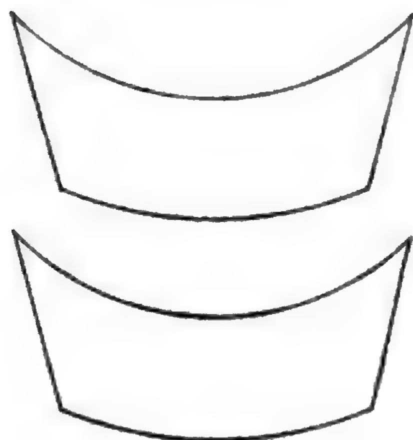


Fig. 59.

Associationstäuschung durch Angleichung. Darum kann man nun auch trotz Beibehaltung der sonstigen Eigenschaften der Figur die Verstärkung der Täuschung beseitigen und diese auf das bei den Trapezen beobachtete Mass zurückführen, wenn man, wie es in Fig. 60 geschehen ist, in jedem Segment die Lage der Bogen vertauscht. Dann bleibt die Richtungstäuschung in Bezug auf die hinzugedachten Verbindungslinien der correspondirenden Ecken dieselbe, nur dass sie sich wegen des entgegengesetzten Verlaufs der schrägen Linien umkehrt, daher denn in diesem Fall die obere Figur, nicht die untere kleiner erscheint. Zu einer Associationstäuschung wie in Fig. 59 ist aber keine Gelegenheit mehr gegeben.


Fig. 60.

Wie in diesen Beispielen eine Associationstäuschung zu andern Täuschungsursachen hinzutritt, so können sich nun auch unter Umständen mehrere Assosationstäuschungen gleicher Art verbinden, um sich je nach Umständen zu verstärken oder zu compensiren. Wenn man zwei Stücke einer geraden Linie zieht, die durch einen grösseren leeren Zwischenraum von einander getrennt sind, und wenn man nun in diesem leeren Zwischenraum zwischen beiden Linien in angemessenen, nicht zu kleinen Abständen Punkte anbringt, so ist man geneigt, diese Punkte auch dann noch in die Fortsetzung der Geraden zu verlegen, wenn sie in Wirklichkeit ein wenig über oder unter jener ideellen Fortsetzung liegen. Diese Angleichung an die Richtung der Geraden wird verstärkt, wenn man auf der Seite, nach der die Angleichung stattfinden soll, noch einmal nahe den vorigen und ihnen parallel eine gerade Linie oder Stücke einer solchen zieht. Bringt man nun aber, wie in Fig. 61, die Punkte genau in der Fortsetzung der ersten Geraden an, so übt die zweite gleichwohl noch ihre angleichende Wirkung aus. In Folge dessen erscheinen jetzt, wie MELLINGHOFF[1])


Fig. 61.

1) Vgl. meine Physiolog. Psychol.[4], II, S. 146.

beobachtete, die Punkte nicht in der Fortsetzung der Linie, zu der sie gehören, sondern im Sinne jener Angleichung an die Richtung der andern Geraden verschoben.

Wie in diesen Fällen die Angleichung, so kann in andern der Contrast als complicirende Täuschungsursache auftreten. Ein Beispiel sieht man in Fig. 62, die zugleich eine Ergänzung der in Fig. 15 (S. 87) dargestellten Täuschung bildet. Dort sahen wir, dass der Kreis *A* kleiner erscheint als ein Kreis vom gleichen Durchmesser, in welchem der innere Kreis fehlt, und wir haben diese Erscheinung auf das Motiv der verkürzenden Wirkung einer einmaligen Theilung von Figuren zurückgeführt. Zeichnet man nun aber, wie in Fig. 15 den äusseren, so den inneren der beiden concentrischen Kreise *A* isolirt neben diese (Fig. 62), so bietet sich ein dem vorigen entgegengesetztes Schauspiel dar: jetzt erscheint der von dem grösseren umschlossene kleine Kreis grösser als der in Wirklichkeit gleiche Kreis *C* ausserhalb. Diese Erscheinung hat sehr verschiedene Erklärungen gefunden: man hat sie bald mit Delboeuf auf eine nicht näher zu deutende »Attractionswirkung« des äusseren Kreises gegenüber dem inneren, bald, wie Holtz und Thiéry, auf ein perspectivisches Näherrücken des inneren Kreises, die von vergrössernder Wirkung begleitet sei[1]), zurückgeführt. Es lässt sich aber leicht zeigen, dass es sich hier lediglich um eine Contrastwirkung handelt, die der in Fig. 46 (S. 140) dargestellten analog ist. Man kann nämlich, wie Fig. 63 zeigt, die nämliche Erscheinung an einfachen linearen Strecken hervorbringen, wo von einem perspectivischen Hintereinandersehen der Strecken kaum die Rede sein kann und übrigens der Contrast auf der Hand

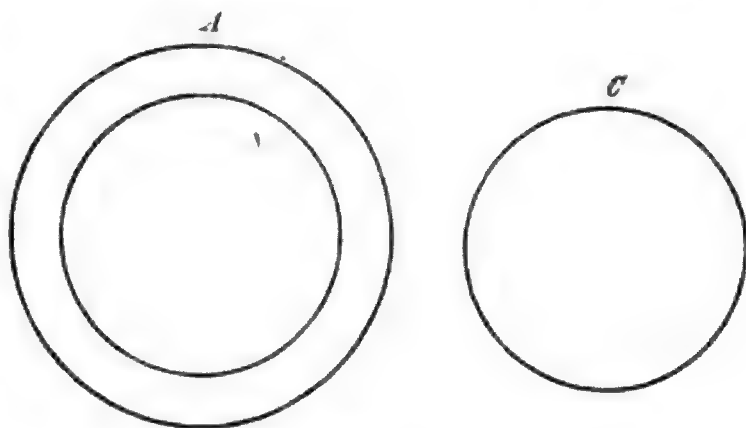


Fig. 62.

1) Vgl. Holtz, Göttinger Nachr. 1893, S. 496. Thiéry, a. a. O. XII. S. 107 f.

liegt. In Fig. 63 erscheint augenscheinlich oben die mittlere Strecke grösser als die ihr gleiche, die isolirt darunter gezeichnet ist, weil sie durch den Contrast gegen die kleinen seitlichen Strecken gehoben wird. Die Fig. 63 ist aber nur eine Durchmesserlinie durch den Kreis *A* der Fig. 62. In Uebereinstimmung mit dieser Erklärung verschwindet denn auch die Täuschung, wenn man den inneren Kreis sehr viel kleiner macht, oder wenn man, was auf dasselbe hinausläuft, den contrasterzeugenden Unterschied der Strecken in der oberen Figur 63 beseitigt. Betrachtet man die Täuschungen in Fig. 15 und 62 als zusammengehörige, so bilden dieselben demnach eine Complication der durch einzelne Fixirpunkte erzeugten Grössentäuschung mit dem Contraste.



Fig. 63.

Insofern die durch einen bestimmten Verlauf von Fixationslinien hervorgerufenen perspectivischen Täuschungen indirect ebenfalls auf Associationswirkungen beruhen, mag schliesslich den zuletzt erörterten Complicationen die in Fig. 64 und 65 dargestellte Umkehrung einer Täuschung angereiht werden. Dass in Fig. 64 die oberen Parallelen meist etwas weiter von einander entfernt scheinen als die unteren, obgleich in Wirklichkeit beide Distanzen übereinstimmen, kann wohl auf die in § 3 erörterten Bewegungsmotive und auf einen in gleicher Richtung wirksamen Contrast zurückgeführt werden. Indem der Blick die untere Figur vorzugsweise in horizontaler, die obere mehr in verticaler Richtung durchläuft, muss jene relativ höher erscheinen. Dieser Effect wird aber verstärkt, indem durch den Contrast zur unteren Figur die obere relativ zu schmal und demnach auch relativ zu hoch erscheint. In Fig. 65 wird nun durch die seitlichen Begrenzungslinien dieser ganze Effect in sein Gegentheil verkehrt. Während die obere Figur wegen der geraden seitlichen Grenzlinien in der Ebene der Zeichnung zu liegen scheint, gewährt die untere das Bild einer Erstreckung nach der Tiefe des Raumes, wobei wegen der perspectivischen Verkürzung die Fläche selbst als grösser aufgefasst werden muss. Hierfür ist es gleichgültig, ob man das





Fig. 64.

Object wie ein von oben oder wie ein von unten betrachtetes, nach der Tiefe sich erstreckendes sieht. Beides kann in der That eintreten, weil es sich hier um eine umkehrbare perspectivische Täuschung handelt. Beginnt man mit der Fixation an einer der unteren Ecken, so erhält man den Eindruck einer von oben betrachteten, beginnt man mit einer der oberen Ecken, so gewinnt man den einer von unten betrachteten Fläche, ganz in Uebereinstimmung mit den an Fig. 1 (S. 59) wahrgenommenen Erscheinungen.



Fig. 65.

§ 9. Theorien über geometrisch-optische Täuschungen.

Die Theorien, die über Ursprung und Zusammenhang der geometrisch-optischen Täuschungen Rechenschaft zu geben suchen, neigen sich durchweg einer rein psychologischen Erklärung zu. Augenbewegungen, Fixationsrichtung, Irradiation und andere physiologische Momente werden höchstens einmal in nebensächlicher Weise herbeigezogen, das Wesentliche der Täuschungen aber sucht man ganz ohne ihre Hülfe abzuleiten. Auch darf es an dem rein psychologischen Charakter dieser Theorien nicht irre machen, dass, so weit dieselben von Physiologen herrühren, eine im letzten Ende physische Grundlage der angenommenen psychischen Vorgänge, z. B. eine Reduction des Willens auf eine Innervationstendenz u. dergl., angedeutet wird. Hierdurch findet man sich nur mit der allgemeinen, so zu sagen metaphysischen Stellung ab, die von dieser Seite überhaupt der Psychologie als einer dereinst einmal ganz in die Physiologie zu incorporirenden Wissenschaft zugewiesen wird. Die Theorie selbst, so weit sie einen empirischen, auf die Thatsachen anwendbaren Inhalt hat, ist und bleibt in solchem Falle eine psychologische. Im Grunde ist aber diese Auffassung eine natürliche Consequenz des Vorurtheils, mit dem man, von den Anschauungen der Vulgärpsychologie ausgehend, den in Rede stehenden Täuschungen gegenübertritt. Indem man nämlich von dem Begriff der »Täuschung« ausgeht, sieht man in allen optischen Täuschungen Fälschungen eines an sich eigentlich

richtigen Wahrnehmungsinhaltes in Folge von Bedingungen, welche die richtige Auffassung oder Deutung dieses Inhaltes trüben. In diesem Sinne subsumirt man auch die geometrisch-optischen Täuschungen den »Urtheilstäuschungen«. Wenn uns eine eingetheilte Strecke grösser erscheint als eine nicht eingetheilte, oder wenn in der ZOELLNER'schen Figur die parallelen geraden Linien vom Parallelismus abzuweichen scheinen, so sollen wir eigentlich dort beide Strecken gleich gross und hier alle Linien parallel sehen, aber unser Urtheil über diese Verhältnisse soll durch irgend welche Umstände in die Irre geführt werden.

Sobald man nun diese intellectualistische Auffassung zu Grunde legt, muss zunächst die Frage entstehen, in welcher allgemeinen menschlichen Eigenschaft denn diese so häufige Verführung zu falschen Urtheilen über unsere Wahrnehmungsinhalte ihre Quelle habe. In dem Netzhautbilde kann diese Quelle nicht gesehen werden; denn seiner im allgemeinen richtigen Beschaffenheit entnimmt man ja hauptsächlich die Berechtigung, die Täuschungen überhaupt als »Urtheilstäuschungen« anzusehen. So betrachtet man denn als die eigentliche Ursache aller dieser Erscheinungen diejenige menschliche Eigenschaft, von der man auch sonst noch weiss, dass sie leicht unser nüchternes Urtheil in die Irre führt: die Einbildungskraft.

Die Theorie von der irreführenden Macht der Einbildungskraft bildet nun die Muttertheorie, aus der alle andern psychologischen Theorien hervorgegangen sind. Sie selbst in ihrer ursprünglichen Gestalt besteht aber in der Annahme, dass wir durch unsere Fähigkeit, uns beliebige Dinge einzubilden, leicht verführt würden, die Objecte anders zu sehen, als sie eigentlich sind. In dieser ihrer ursprünglichen Gestalt ist sie hauptsächlich auf die »umkehrbaren Täuschungen« angewandt worden. Hier schien natürlich die proteusartige Verwandelbarkeit der Erscheinungen einen solchen Spuk einer beliebig schaltenden Einbildungskraft besonders plausibel zu machen. Da bei den übrigen Täuschungen ähnliche Verwandlungen nicht oder doch nur unter ganz besonderen Umständen eintreten, so wurde nun aber auch vornehmlich ihnen gegenüber die ohnehin doch wegen ihrer allzu grossen Unbestimmtheit etwas verdächtige Einbildungstheorie zu allerlei Modificationen veranlasst, aus deren specieller Ausgestaltung dann die folgenden Theorien hervorgingen.

Als eine nächste Stufe ergab sich so die perspectivische Theorie. Sie ist von Hering, Guye u. A. bereits angedeutet und in neuerer Zeit eingehend noch von A. Thiéry[1]) entwickelt worden. Man geht hier von der richtigen Bemerkung aus, dass unser Sehen im allgemeinen ein räumliches, körperliches ist, und dass wir daher leicht dazu bestimmt werden, ebene Zeichnungen körperlich zu deuten. Die perspectivischen Vorstellungen, die auf diese Weise entstehen, müssen aber nothwendig bestimmte Grössen- und Winkeltäuschnngen hervorbringen, und die letzteren sollen in vielen Fällen auch dann noch bestehen bleiben, wenn von den sie verursachenden perspectivischen Vorstellungen nichts zu bemerken ist.

Die Kritik dieser Theorie ergibt sich mit voller Evidenz aus der obigen Untersuchung. Den einzigen Fall, bei dem man mit einem gewissen Rechte von einer primären Bedeutung der perspectischen Auffassung sprechen könnte, bilden die »umkehrbaren perspectivischen Täuschungen«. Aber gerade bei ihnen ergab sich klar, dass die Form der perspectivischen Vorstellung jeweils nicht von einer frei schwebenden Phantasie eingegeben, sondern von bestimmten physiologischen Bedingungen, nämlich von Blickbewegung und Fixation, abhängig ist. In allen andern Fällen verbietet nach den bei den umkehrbaren Täuschungen gewonnenen Ergebnissen schon der Umstand, dass die Täuschungen nicht umkehrbar sind, eine Zurückführung auf die Perspective als primäre Bedingung. Demgemäss konnte denn auch hier in allen Fällen direct durch die methodische Variation der Versuche nachgewiesen werden, dass die perspectivische Vorstellung nicht die Ursache, sondern die Wirkung bestimmter Strecken- und Winkeltäuschungen ist, und dass sie, eben weil diese von eindeutiger Art sind, ihrerseits nicht umkehrbar sein kann. Dass selbst dann, wenn man diese thatsächliche Richtung der erwähnten Beziehungen verkennen und die perspectivischen Vorstellungen für die Ursachen der Grössentäuschungen ansehen wollte, gleichwohl nicht alle Täuschungen auf diesem Wege erklärt werden können, sondern dass bei einer Anzahl einfacher Täuschungen die Fixationslinien und die Bewegung des Blicks längs derselben eine massgebende Rolle spielen, hat auch Thiéry anerkannt[2]). Wäre er von diesen [illegible] Täu-

1) Philos. Studien, XI, S. 308, 608 ff. XII, S. [illegible] ff.

2) A. a. O. XII, S. 110 ff.

schungen ausgegangen, statt sie an den Schluss seiner Untersuchung zu stellen, so würde ihm das richtige Verhältniss zwischen jenen verschiedenen Factoren kaum entgangen sein.

Einen weiteren, von etwas anderen Gesichtspunkten aus unternommenen Versuch, die allzu vage Annahme der Phantasietheorie exacter zu determiniren, macht die Contrasttheorie, die vornehmlich Helmholtz seiner Erklärung der geometrisch-optischen Täuschungen zu Grunde gelegt hat, ohne dabei übrigens auf die Mithülfe anderer Momente, wie namentlich der Augenbewegungen, ganz zu verzichten; doch gelten sie ihm, dem Haupteinfluss des Contrastes gegenüber, durchaus als nebensächlich[1]). Von den beiden in der ursprünglichen Einbildungstheorie enthaltenen Bestandtheilen, wonach die geometrisch-optischen Täuschungen erstens Erzeugnisse unserer frei schaltenden Einbildungskraft und zweitens Irreleitungen unseres Urtheils seien, hat sich die perspectivische Theorie den ersten, die frei schaltende Einbildungskraft, angeeignet und genauer zu bestimmen gesucht. Die Contrasttheorie bemächtigt sich des zweiten, der Irreleitung des Urtheils. Auch die Erscheinungen des simultanen Farben- und Helligkeitscontrastes beruhen nach Helmholtz auf Urtheilstäuschungen[2]). Er legt daher Werth darauf, dass Contrast immer nur da entstehe, wo »eine gewisse Breite des Zweifels« vorhanden sei, und wo eben darum leicht das Urtheil nach der einen oder andern Seite sich neigen könne. Ausserdem sollen aber alle Contrasterscheinungen von der Regel beherrscht sein, »dass deutlich zu erkennende Unterschiede grösser erscheinen als undeutlich zu erkennende von gleicher objectiver Grösse«. Eben dieser Regel folgen nun nach Helmholtz' Ansicht die wesentlichsten Täuschungen des Augenmasses. So halten wir eine getheilte Raumgrösse für grösser als eine ungetheilte, »weil die directe Wahrnehmung der Theile uns deutlicher erkennen lässt, dass die betreffende Grösse so viel und so grosse Theile enthalte, als wenn die Theile nicht erkennbar abgezeichnet sind«. So erscheinen spitze Winkel verhältnissmässig zu gross, wenn wir sie mit stumpfen vergleichen, weil sie »deutlich abgegrenzte kleine Grössen« sind, u. s. w. In neuerer Zeit haben sich besonders J. Loeb und Heymans dieser Contrasttheorie angeschlossen, und der letztere hat

1) Helmholtz, Physiol. Optik², S. 705 ff.

2) Ebenda S. 564.

sie mit der Annahme eines Einflusses der Augenbewegungen dadurch zu verbinden gesucht, dass er einen Contrast der Bewegungen oder Bewegungstendenzen voraussetzt[1]).

Das nächste Bedenken, das sich gegen die Contrasttheorie erhebt, ist nun der Begriff des Contrastes selbst, von dem sie Gebrauch macht. Contrast ist »Gegensatz«, als »Contrasterscheinungen« hat daher die Physiologie, ohne damit irgend eine Erklärung geben oder einer solchen vorgreifen zu wollen, stets solche Erscheinungen bezeichnet, bei denen eine Veränderung irgend eines Empfindungs- oder Wahrnehmungsinhaltes im Sinne des Gegensatzes zu einem andern, gleichzeitig oder unmittelbar zuvor gegebenen Empfindungs- oder Wahrnehmungsinhalte stattfindet. Das treffende Beispiel dieses Contrastbegriffs ist der Lichtcontrast: hell wird heller durch den Gegensatz zu dunkel, dunkel dunkler durch den Gegensatz zu hell. Das Analoge gilt für den Farbencontrast, insofern man die Complementär- oder Contrastfarben als ähnliche Empfindungsgegensätze wie hell und dunkel betrachtet. Wollte man nun eine ausgefüllte und eine nicht ausgefüllte Strecke, einen spitzen und einen stumpfen Winkel dem nämlichen Contrastbegriff subsumiren, so würde von einer Contrasterscheinung analog der des Hellen und Dunkeln geredet werden können, wenn die ausgefüllte Strecke im Gegensatze zur leeren noch ausgefüllter, der spitze Winkel im Gegensatze zum stumpfen noch spitzer erschiene. Davon ist aber nicht die Rede, sondern die ausgefüllte Strecke soll sich in einer Eigenschaft verändern, in der sie zu der nicht ausgefüllten überhaupt nicht contrastirt, und der spitze Winkel soll sogar seinen Unterschied von dem stumpfen nicht, wie es der Contrast fordern würde, vergrössern, sondern vermindern. Es kann also gar keinem Zweifel unterworfen sein, dass der Begriff des Contrastes hier in einer seiner ursprünglichen völlig fremden Bedeutung angewandt wird, und dass in den verschiedenen Fällen diese Bedeutung wieder eine ganz verschiedene ist. Dass das Nämliche von der Modification dieses Contrastbegriffs gilt, deren sich Heymans bedient, ist schon oben gezeigt worden.

Der Contrastbegriff dieser Contrasttheorie ist aber nicht bloss ein von dem hergebrachten und in den bekannten Contrasterscheinungen

1) Vgl. oben S. 93, 98 ff.

begründeten abweichender und in Folge seiner verschiedenen Bedeutungen in verschiedenen Fällen völlig unbestimmter, sondern es wird auch eine Anwendung von ihm gemacht, zu welcher der Begriff an und für sich durchaus nicht berechtigt. Wo wir im berechtigten Sinne von einer Contrasterscheinung reden, wie z. B. bei dem Contrast von hell und dunkel oder von grün und roth, da verstehen wir unter ihr eine Thatsache der Erfahrung, über deren Ursache damit noch gar nichts ausgesagt wird. Eben darum gibt es ja zwar nur eine und dieselbe Thatsachengruppe von Contrasterscheinungen, aber sehr verschiedene Contrasttheorien, die diese Erscheinungen zum Theil in sehr abweichender Weise erklären. Im vorliegenden Falle gilt aber der Begriff des Contrastes nicht bloss als der Ausdruck einer Thatsache, sondern zugleich als Erklärungsgrund, und wenn je, um ihn zum Range eines solchen zu erheben, noch etwas Näheres hinzugefügt wird, so besteht es höchstens in dem an und für sich sehr bestreitbaren Satze, dass »deutlich zu erkennende Unterschiede in der Regel grösser erscheinen als undeutlich zu erkennende«. Man ersieht aber unschwer, worin diese Veränderung des Contrastbegriffs und die sich daran anschliessende Umwandlung seiner Definition in eine Interpretation der Erscheinungen ihre eigentliche Quelle hat. Sie entspringt augenscheinlich daraus, dass zuvor der Contrast, speciell der Farben- und Helligkeitscontrast, auf eine »Urtheilstäuschung« zurückgeführt worden war. Damit ist dann jede andere Erscheinung, die man als Contrast bezeichnet, eo ipso auch als Urtheilstäuschung charakterisirt und als solche erklärt. In Wahrheit ist sie aber offenbar gar nicht erklärt. Da »Contrast« in diesem Falle in Wahrheit nichts anderes bedeutet als »Unterschied«, so besteht die Erklärung des scheinbaren Unterschieds eingetheilter und nicht eingetheilter Strecken, spitzer Winkel gegenüber stumpfen Winkeln eben in nichts anderem als in der Aussage, dass wir jene für relativ grösser halten als diese.

MÜLLER-LYER hat das Verdienst, gegenüber dieser falschen Uebertragung des Contrastbegriffs, wirkliche und echte Contrasterscheinungen auf dem Gebiete der geometrisch-optischen Täuschungen nachgewiesen zu haben[1]. Die Grunderscheinungen dieses Contrastes haben wir

1) Vgl. oben S. 139.

oben kennen gelernt: eine Strecke von gegebener Grösse wird im Verhältniss zu einer erheblich kleineren überschätzt, im Verhältniss zu einer erheblich grösseren unterschätzt; ebenso ein Winkel oder irgend eine geometrische Figur. Hier ist die Analogie mit dem Contrast von hell und dunkel vollkommen zutreffend: überall bewirkt hier der Contrast eine Veränderung der verglichenen Eigenschaften selbst in entgegengesetzten Richtungen. Da es nun aber Müller-Lyer nicht verborgen bleiben konnte, dass dieser echte Contrast nur ein verhältnissmässig sehr kleines Gebiet von Täuschungen umfasst, so wurde er dadurch wohl veranlasst, nach einem zweiten Princip zu suchen, das sich zur Interpretation der grossen Mehrzahl der andern Täuschungen geeignet erweise. Er glaubt dieses Princip in der von ihm so genannten »Confluxion« zu finden. Auf diese Weise berichtigt und ergänzt er die Contrast- durch die Confluxionstheorie, und da er durch die »Confluxion« die überwiegende Anzahl von Täuschungen erklärt, so darf man wohl seine Theorie überhaupt, wenn man ihren unterscheidenden Charakter hervorheben will, nach diesem ihrem Hauptbegriff als »Confluxionstheorie« bezeichnen. Dabei ist bemerkenswerth, dass Müller-Lyer der Confluxion und dem Contrast auch insofern die Stellung sich ergänzender Principien anweist, als er beide wieder in einen Gegensatz zu einander bringt: bei der Confluxion wirkt ein gegebener Theil des Raumes in einem zu sich selbst gleichen, bei dem Contrast wirkt er in entgegengesetztem Sinne auf einen andern ein[1]).

Dass der Begriff der »Confluxion« zu weit und unbestimmt ist, um als Erklärungsprincip dienen zu können, ist an Beispielen gezeigt worden, in denen nach der Confluxionstheorie eine bestimmte Täuschung erweckt werden müsste, während sie in Wirklichkeit nicht eintritt[2]). Diesen Beispielen lassen sich andere hinzufügen, wo um-

1) Müller-Lyer, Du Bois-Reymond's Archiv, 1889 Suppl., S. 267. Zeitschr. f. Psychol. etc. IX, S. 3 f. Uebrigens hat schon Oppel, wenn auch in einem beschränkteren Sinne, von demselben Princip Gebrauch gemacht, das er, auch im Ausdruck beinahe übereinstimmend, als das der »Confusion der Linien- und Flächentheilung« bezeichnet (Jahresber. des physikal. Vereins zu Frankfurt a. M. 1860—61, S. 35). Dass die Täuschungen im Dreieck, die Oppel hauptsächlich auf dieses Princip zurückführt, eine andere Erklärung fordern, haben wir oben (S. 147) gesehen.

2) Vgl. oben S. 94 ff.

gekehrt eine Täuschung erscheint, über deren Vorhandensein weder die Confluxion noch der ihr gegenüberstehende Contrast Rechenschaft gibt. Hierher gehören z. B. die umkehrbaren perspectivischen Täuschungen, hierher die Veränderungen, die bei der ZOELLNER'schen Figur und in andern Fällen abwechselnde Fixation und Bewegung des Blicks hervorbringen, u. s. w. Kann aber auch die »Confluxion« nicht als ein haltbarer Erklärungsgrund gelten, so hat doch MÜLLER-LYER insofern einen richtigen Weg eingeschlagen, als er nach einem dem Contrast parallel gehenden Princip von entgegengesetzter Wirkung suchte. Ein solches Princip existirt in der That: es besteht, wie wir gesehen haben, in der »Angleichung« einer räumlichen Form an andere, von ihr wenig verschiedene. Angleichung und Contrast bilden einen wahren Gegensatz, was sich von Confluxion und Contrast nicht sagen lässt. Freilich aber verursacht die »Angleichung« der Natur ihrer Bedingungen nach stets nur geringgradige Täuschungen, und Angleichung und Contrast zusammengenommen decken überhaupt nur ein sehr kleines Gebiet von Erscheinungen. Beide Momente associativer Vergleichung beeinflussen natürlich unsere räumlichen gerade so gut wie unsere zeitlichen Vorstellungen oder wie die Qualität und Intensität unserer Empfindungen. Aber gerade die grosse Mehrzahl der Täuschungen, alle jene nämlich, die nach der obigen Untersuchung auf die Bedingungen der Blickbewegung zurückgehen, werden von ihnen nicht berührt.

Eine letzte Entwicklung hat endlich die Einbildungstheorie in der von TH. LIPPS aufgestellten »mechanisch-ästhetischen« Theorie gefunden[1]). Auch sie geht von der Anschauung aus, dass jede geometrisch-optische Täuschung eine »Urtheilstäuschung« sei. Sie sieht aber den Ursprung dieser Täuschungen allgemein darin, dass ein Wahrnehmungsbild nicht direct mit einem andern Wahrnehmungsbild,

1) Sie ist von ihm zum Theil in verschiedenen früheren Aufsätzen, besonders aber in einem systematischen Abriss in Bd. XII der Zeitschr. f. Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, S. 39 ff., entwickelt worden. Doch ist dieser Abriss nur eine vorläufige Mittheilung, die ein ausführliches Werk über den gleichen Gegenstand in Aussicht stellt. Dieses Werk ist unter dem Titel »Raumästhetik und geometrisch-optische Täuschungen« (Leipzig 1897) erschienen, als die vorliegende Arbeit schon druckfertig war, und konnte daher nicht mehr berücksichtigt werden.

sondern mit einem reproducirten »Vorstellungsbilde« verglichen werde. In Folge dessen trägt unsere »belebende Phantasie« ihre eigene Thätigkeit in die Raumformen hinein. Sie sieht in ihnen mechanische Thätigkeiten, Kräfte. Das räumliche Dasein erscheint ihr als ein »Werden«, und sie sucht alle Elemente eines solchen Werdens einerseits als »Einheit« aufzufassen, anderseits aber ihrem Bedürfniss des »Wechsels« zu unterwerfen. Hierin liegt zugleich die Nöthigung, geometrische Gebilde so zu »interpretiren«, dass sie diesen Bedürfnissen genügen. Die optischen Täuschungen entstehen daher, »indem wir die Vorstellungen der Tendenzen oder Thätigkeiten, die uns in räumlichen Formen unmittelbar zu liegen scheinen, vollziehen«, d. h. dadurch dass wir »die Thätigkeiten in unserer Vorstellung sich verwirklichen lassen«. Die Form, in der eine »Tendenz zur Ausweitung zu liegen scheint«, lassen wir also in der Vorstellung sich ausweiten; diejenige, »deren Thätigkeit auf Verengerung ihrer selbst gerichtet scheint«, lassen wir sich verengern. Dabei geschehen alle diese Wirkungen »unbewusst«. Jene erweiternde und verengernde Thätigkeit kann aber nur an den Raumformen selbst, an denen sie sich äussert, nachgewiesen werden. Nun liegt an sich in jeder Raumform die Möglichkeit einer Ausdehnung und einer Verengerung. Es begegnen sich also in ihr stets Tendenz und Gegentendenz oder primäre und secundäre Tendenz. In der Natur der secundären Tendenz liegt es jedoch, dass sie erst auf Grund der Wirkung der primären Tendenz als wirkend vorgestellt werden kann. Wo darum Tendenz und Gegentendenz unmittelbar einander entgegenwirken, da vollzieht sich die optische Täuschung endgültig stets in der Richtung der primären Tendenz und wird durch die secundäre bloss eingeschränkt. Dagegen kann die secundäre Tendenz selbständig zur Wirkung gelangen, wenn sie über den Ort hinaus wirkt, an dem wir der primären Tendenz unterworfen sind. So überwiegt an einem nicht begrenzten Raumstück die primäre Tendenz der Ausdehnung, an einem begrenzten dagegen die von dem umgebenden Raum ausgehende Tendenz der Hemmung: darum werden begrenzte gegen unbegrenzte Raumgrössen unterschätzt. So erscheint ferner das »Obensein als ein beständiges Sichheben, das Untensein als ein beständiges Hinabsinken«; bei der Höhenausdehnung ist daher die Gegenthätigkeit gegen die Schwere, bei der Breitenausdehnung die Schwere selbst

die primäre Thätigkeit: darum erscheint eine verticale Ausdehnung grösser als eine gleich grosse horizontale. Wenn eine gegebene Richtung sich ändert, so begegnen sich einerseits eine Tendenz der Aenderung der Richtung und anderseits eine Tendenz des Fortbestandes derselben. Da hier die erstere Tendenz die primäre ist, so besteht eine »Nöthigung zur Ueberschätzung von Richtungsunterschieden«. Diese Beispiele werden genügen, um die Theorie nach Inhalt und Methode im allgemeinen zu charakterisiren. Nur das eine mag noch hervorgehoben werden, dass die früher (in § 7) beschriebenen und dem Contrast gegenübergestellten Erscheinungen der »Angleichung«, wie dort schon bemerkt wurde, auch Lipps nicht entgangen sind. Er ordnet sie in sein System der Tendenzen und Gegentendenzen ein, indem er ausführt, nach dem Princip der Einheit entstehe die Nöthigung, »die ausdehnende Kraft in neben einander gegebenen Raumgrössen als gleich anzusehen«, d. h. es ergebe sich »eine grössere Tendenz der Ausdehnung bei den enger begrenzten Ausdehnungen«[1]).

Dieser Theorie lässt sich jedenfalls ein Verdienst nicht abstreiten: sie macht den ernsthaften Versuch, die vage Unbestimmtheit der alten Phantasietheorie zu beseitigen, indem sie die Wirksamkeit der Phantasie derart näher zu analysiren sucht, dass nicht doch schliesslich, wie es der perspectivischen Theorie widerfahren ist, der endgültige Erfolg völlig unberechenbaren Einbildungsvorstellungen anheimgegeben wird. Aber die Theorie von Lipps hat zwei Fehler, die sie — was auch immer ihr ästhetischer Werth sein möge — als psychologische Theorie unmöglich machen. Der erste dieser Fehler besteht darin, dass sich ihre Voraussetzungen einer directen empirischen Nachweisung entziehen. Dass unsere ästhetische Phantasie die Objecte belebt, indem wir unser eigenes Fühlen und Streben in sie hineintragen, ist sicherlich im allgemeinen wahr: abgesehen von aller Aesthetik beweisen das die animistischen Vorstellungen, die wir als Erzeugnisse der Volksphantasie kennen. Aber dass wir in jede räumliche Form ein Streben nach Ausdehnung und eine andere ihr entgegengesetzte Tendenz der Contraction hineindenken, das lässt sich weder aus den animistischen noch aus den ästhetischen Vorstellungen

1) A. a. O. S. 53.

erweisen. Jene wie diese beziehen sich im allgemeinen auf verwickelte Raumobjecte, mit denen wir bestimmte Zweckvorstellungen verbinden, und so weit der Vorgang eines so genannten »Einfühlens« bei denselben nachgewiesen werden kann, würde er sich schwerlich durch jene Tendenzen und Gegentendenzen ausdrücken lassen, die die Theorie in die Raumobjecte hineinlegt. Vielmehr sind alle diese Annahmen über die Wirksamkeit der Phantasie eingestandenermassen hypothetisch, — eingestandenermassen, denn der ganze Vorgang wird ja ausdrücklich als ein »unbewusster«, also eben als ein nicht an sich selbst, sondern höchstens in seinen Wirkungen nachzuweisender bezeichnet. Nun bestehen aber diese Wirkungen ausschliesslich in den geometrisch-optischen Täuschungen. Es liegt also auf der Hand, dass sich die ganze Erklärung in einem Cirkel bewegt: wo eine Form grösser gesehen wird, da wird dies auf eine Ausdehnungstendenz, wo sie kleiner erscheint, da wird es auf eine entgegenwirkende Contractionstendenz zurückgeführt, und die Motive, die das eine oder das andere begründen sollen, wie z. B. der Gegensatz gegen die Schwere das Ueberwiegen der verticalen Ausdehnung, werden augenscheinlich nur nach dem Erfolg in ihren Wirkungen bemessen. Denn es lässt sich kaum bezweifeln, wenn der scheinbare Unterschied zwischen vertical und horizontal der umgekehrte wäre, so würde sich gerade so gut die Schwere selbst für ein Ueberwiegen der Horizontaldimension anführen lassen.

Der zweite Fehler in den der »mechanisch-ästhetischen« Theorie zu Grunde liegenden Betrachtungen besteht meines Erachtens darin, dass es ihr, eben weil sie eine rein ästhetische ist und als solche, wie ich nicht zweifle, ihren Werth hat, an einer experimentellen Analyse der Erscheinungen, die ein Isoliren und Variiren der einzelnen Bedingungen ermöglicht, mangelt. So bleiben die umkehrbaren perspectivischen Täuschungen, die, wie keine anderen, eine Beherrschung der subjectiven Bedingungen gestatten, so gut wie unberücksichtigt. Ebenso die perspectivischen Nebenvorstellungen, die, wie wir gesehen haben, mit bestimmten Strecken- und Richtungstäuschungen regelmässig verbunden sind, während doch gerade auch für den ästhetischen Eindruck solche räumlich-körperliche Vorstellungen von grosser Bedeutung sind. Nicht minder bleibt schliesslich der Einfluss, den Bewegung des Blicks einerseits

und starre Fixation anderseits auf bestimmte Täuschungen ausüben, wenigstens in dem vorliegenden Abriss der Theorie gänzlich unberücksichtigt. Bei aller Anerkennung des Bemühens um eine genauere Feststellung der Wirksamkeit der Phantasie bei den geometrisch-optischen Täuschungen vermag ich daher einen haltbaren Versuch zur Erklärung dieser Täuschungen in der mechanisch-ästhetischen Theorie nicht zu erblicken.

§ 10. Analyse der allgemeinen Bedingungen geometrisch-optischer Täuschungen.

Die verschiedenen psychologischen Theorien geometrisch-optischer Täuschungen, die wir kennen gelernt haben, stimmen, so verschieden sie sonst sein mögen, in einem wesentlichen Punkte überein. Ihnen allen gelten diese Täuschungen als »Urtheilstäuschungen«. Sie setzen voraus, dass ursprünglich ein an sich richtiger Wahrnehmungsinhalt gegeben sei, der dann aber durch irgend welche irreführende Einflüsse der Einbildungskraft oder einer ungenauen Vergleichung der Objecte gefälscht werde. In dieser intellectualistischen Auffassung liegt zugleich die Quelle der rein psychologischen Richtung dieser Theorien. Denn eine Urtheilstäuschung ist an und für sich ein psychologischer Vorgang. Sie ist freilich zugleich ein logischer Vorgang. Aber gerade hierin sieht man eine Bürgschaft des psychologischen Charakters der Täuschungen, da diese Interpretationsversuche an dem intellectualistischen Vorurtheil der Vulgärpsychologie festhalten, wonach alle seelischen Vorgänge in bewussten oder unbewussten logischen Urtheilen und Schlüssen bestehen sollen.

Dieser ganzen Betrachtungsweise wird nun der Boden entzogen, wenn man von solchen offenbar nachträglich erst zu den Erscheinungen hinzugedachten logischen Denkacten abstrahirt und sich vergegenwärtigt, was unmittelbar und thatsächlich bei jeder so genannten optischen Täuschung als Wahrnehmungsinhalt gegeben ist. Dann kann es keinem Zweifel unterliegen, dass eben das was wir die optische Täuschung nennen, selbst zu diesem Wahrnehmungsinhalt gehört. Ich sehe wirklich die eingetheilte Strecke grösser als die nicht eingetheilte, den spitzen Winkel relativ grösser als den stumpfen u. s. w., und ich würde diese Dinge absolut nicht anders sehen,

wenn jene Erscheinungen Wirklichkeiten und nicht blosse Täuschungen wären. Dass sie Täuschungen sind, erfahre ich überhaupt erst durch objective Messungen und Vergleichungen und auf sie gegründete Schlüsse, die aber an und für sich jenen ursprünglichen Wahrnehmungsinhalt unverändert lassen. Nicht die Täuschung beruht also auf einem Urtheil, sondern erst die Behauptung, dass die Wahrnehmung eine Täuschung enthalte, ist ein auf logische Erwägungen gegründetes Urtheil. Diesen wirklichen Thatbestand kehrt man um, wenn man die optische Täuschung eine »Urtheilstäuschung« nennt: statt in die an die Wahrnehmung sich anschliessenden Ueberlegungen, aus denen sich uns die Ueberzeugung der objectiven Fehler einer Wahrnehmung ergeben hat, verlegt man das Urtheil in die Wahrnehmung selbst, welche davon nicht das mindeste enthält. Diese Neigung wird natürlich gefördert durch die Gewohnheit der Vulgärpsychologie, die in gewissen Richtungen der wissenschaftlichen Psychologie immer noch fortlebt, zu jedem psychologischen Thatbestand, der möglicher Weise nachträglich von uns zum Inhalt eines Urtheils gemacht werden kann, immer und überall einen Urtheilsact hinzuzudenken. Wem die Empfindung Blau in dem Urtheil besteht »dies ist blau«, oder irgend eine räumliche Wahrnehmung in dem Urtheil »dies ist ein räumlicher Gegenstand von den und den Eigenschaften«, der wird natürlich auch geneigt sein, einen Wahrnehmungsinhalt, von dem sich nachträglich herausstellt, dass er irgendwie mit der objectiven Wirklichkeit nicht übereinstimmt, von vornherein eine »Urtheilstäuschung« zu nennen.

Sind nun aber die so genannten optischen Täuschungen selbst nicht Urtheile, sondern unmittelbare Wahrnehmungsinhalte, wie alle andern, so wird dadurch auch eigentlich schon gefordert, dass wir ihre Entstehung aus Bedingungen ableiten, die bei der ursprünglichen, aller urtheilenden Vergleichung vorangehenden Bildung der Sinneswahrnehmungen wirksam sind. Die urtheilende Vergleichung kann ja möglicher Weise dem was die Wahrnehmung enthält einen bestimmten logischen Ausdruck geben, oder sie kann auf einer höheren Stufe auch erklären, dass das Wahrgenommene mit der aus sonstigen Erfahrungen erschlossenen Beschaffenheit der wirklichen Dinge nicht übereinstimme, also eine »Täuschung« sei. Aber das, was den Inhalt dieser Täuschung ausmacht, muss mit dem ursprünglichen

Wahrnehmungsvorgang selbst schon gegeben, es kann nicht ein von ihm grundsätzlich verschiedener, ihm erst nachträglich hinzugefügter Bestandtheil sein. Durch diesen Sachverhalt werden augenscheinlich alle diejenigen Theorien von vornherein in Frage gestellt, deren Wesen eben darin besteht, dass sie den Inhalt der Täuschung überall erst als ein zu einer ursprünglichen, an und für sich richtigen Wahrnehmung Hinzukommendes ansehen, das jene in ein täuschendes Truggebilde umwandle. Ist aber die Grundlage dieser Theorien unrichtig, so wird es um so begreiflicher, dass sie auch im Einzelnen, wie wir oben gesehen haben, der kritischen Prüfung nicht standhalten, abgesehen von besonderen Punkten, wo gewisse Beobachtungen auch in ihnen einen zutreffenden oder mindestens (so weit nicht auch hier jenes Vorurtheil wirksam wird) einen theilweise zutreffenden Gesichtspunkt zur Geltung bringen, wie dies z. B. bei dem von MÜLLER-LYER nachgewiesenen Contrast oder bei der von LIPPS hervorgehobenen Ausgleichung kleiner Unterschiede der Fall ist.

Betrachten wir nun aber das, was wir eine optische Täuschung nennen, als einen integrirenden Bestandtheil des ursprünglichen Wahrnehmungsinhaltes selbst, so können selbstverständlich alle diejenigen physiologischen oder psychologischen Bedingungen, welche diesen Inhalt überhaupt bestimmen, auch auf jenen Bestandtheil von Einfluss sein. Dass bei ihm bloss psychologische Momente in Betracht kommen, wird sogar von vornherein als sehr unwahrscheinlich gelten müssen, da ja überhaupt jede Wahrnehmung immer erst auf Grund bestimmter physiologischer Bedingungen, wie sie in der Structur und Function der Sinnesorgane begründet liegen, zu Stande kommt. Bei den optischen Täuschungen wird in dieser Beziehung namentlich an zwei Bedingungen zu denken sein: an die Beschaffenheit des Netzhautbildes und an die Bewegungen des Auges. Dass beide Bedingungen Störungen des Sehens und darum auch optische Täuschungen im weiteren Sinne des Wortes herbeiführen können, ist aus den dioptrischen Bildverzerrungen und den Irradiationserscheinungen einerseits, aus den beim Strabismus und bei Augenmuskellähmungen vorkommenden Störungen des Sehens anderseits bekannt. Nun bilden die geometrisch-optischen Täuschungen ein besonderes Erscheinungsgebiet, bei dem der Grund der Täuschung weder so unmittelbar auf die Beschaffenheit des Netzhautbildes wie z. B. bei

den dioptrischen Fehlern, noch so augenfällig auf die Bewegungen des Auges wie bei den Schielstörungen zurückgeführt werden kann. Ob aber überhaupt eines dieser Momente oder beide zusammen irgend etwas mit dieser Classe von Täuschungen oder mit bestimmten Gruppen derselben zu thun haben, das lässt sich nicht von vornherein und am allerwenigsten auf Grund des ihnen zugesprochenen Charakters von »Urtheilstäuschungen« verneinend beantworten. Würden doch in der That genau mit demselben Rechte die Bildverzerrungen in Folge dioptrischer Anomalien oder das Doppelsehen des Schielenden »Urtheilstäuschungen« genannt werden können: Wenn die Ursachen der normalen geometrisch-optischen Täuschungen nicht so offen zu Tage liegen wie die dieser pathologischen Täuschungen, so ist aber dadurch nur um so mehr eine exacte experimentelle Analyse jener Erscheinungen gefordert.

Diese Analyse ist nun in der obigen Untersuchung durchzuführen versucht worden. Sie zeigte schon bei der ersten, durch die Möglichkeit der Isolirung der subjectiven Bedingungen der Erscheinungen besonders bedeutsamen Classe der »umkehrbaren perspectivischen Täuschungen« unzweifelhaft den Einfluss sowohl der Beschaffenheit des Netzhautbildes wie der Augenbewegungen. Das Netzhautbild muss eine bestimmte Lage haben, wenn überhaupt eine perspectivische Täuschung entstehen soll; die Form dieser Täuschung ist aber ganz und gar von Blickbewegung und Blickrichtung abhängig. Jene frei schaltende Einbildungskraft, die zufällig oder willkürlich bald diese, bald jene Perspective vorgaukeln soll, erwies sich hier als ein echter Deus ex machina, welcher der mangelnden Erkenntniss der unmittelbaren Bedingungen der Erscheinungen entsprungen war. Keineswegs waren aber darum die psychologischen Bedingungen überhaupt beseitigt. Machten sie sich doch schon in dem Erforderniss einer bestimmten Lage des Netzhautbildes oder, genauer gesprochen, einer bestimmten, zu der perspectivischen Auffassung stimmenden Richtung der Fixationslinien, und sodann noch deutlicher in der Regel geltend, dass der primär fixirte Punkt und derjenige, von dem die Blickbewegung ausgeht, als der dem Beschauer näher liegende erscheint; endlich nicht minder darin, dass diejenige Perspective, die den geläufigsten Bedingungen des körperlichen Sehens entspricht, auch am häufigsten die ihr entsprechenden Augen-

bewegungen erzeugt und daher selbst am häufigsten entsteht. Aber die hierin zu Tage tretenden psychologischen Bedingungen der Erscheinungen documentiren sich ebenso wenig als Schöpfungen eines launenhaften Phantasievermögens wie als Wirkungen, die von einzelnen fest bestimmten Vorstellungen durch ihre Reproduction auf den Sinneseindruck ausgeübt werden, sondern sie ordnen sich durchaus jenen Erscheinungen der Assimilation der Vorstellungselemente unter, die uns überall als wichtige Factoren der unmittelbaren Sinneswahrnehmungen begegnen [1]). Blickbewegungen von bestimmter Richtung haben in zahllosen früheren Fällen Bestandtheile perspectivischer Vorstellungen von bestimmter Beschaffenheit gebildet. Sie erwecken daher auch andere, optische Bestandtheile solcher Vorstellungen, welche sich mit den Elementen des in der Wahrnehmung gegebenen Bildes zu einem Assimilationsproduct verbinden, das nunmehr selbst als der wahrgenommene Gegenstand erscheint.

Wie bei den umkehrbaren perspectivischen Täuschungen, so erwiesen sich auch bei jenen variabeln Strecken- und Richtungstäuschungen, die zugleich sämmtlich den Charakter nicht umkehrbarer perspectivischer Täuschungen besitzen, Netzhautbild und Blickbewegung als entscheidende physiologische Bedingungen, beide aber nicht etwa in gesondertem Einflusse, sondern in untrennbarer Wechselwirkung mit einander. Die Frage, ob die perspectivische Vorstellung, oder ob die mit ihr verbundene Grössentäuschung das Primäre sei, konnte in diesem Falle überall zu Gunsten der letzteren entschieden werden; und die Variation der Beobachtungen erwies dann die relative Energie der Blickbewegung als das für die Grössentäuschung massgebende Moment. Das Netzhautbild machte aber seinen Einfluss gerade darin geltend, dass der perspectivischen Vorstellung eine compensatorische Bedeutung in dem Sinne zukam, dass sie die durch die Blickbewegung entstandene Veränderung des Eindrucks mit den in der Beschaffenheit des Netzhautbildes gegebenen Bedingungen in Einklang brachte. Da nun diese Compensation mit derselben Unmittelbarkeit der Anschauung sich vollzieht, wie sie der Wechselwirkung der elementaren Bedingungen unserer Sinneswahr-

1) Hinsichtlich des Begriffs der Assimilation und seiner Anwendungen sei hier auf meine Physiol. Psychologie[4], II, S. 439 ff., verwiesen.

nehmungen überhaupt eigen ist, so kann auch sie wieder nur auf den diese Wechselwirkung beherrschenden Assimilationsprocess zurückgeführt werden. Die in der Blickbewegung und die im Netzhautbilde gegebenen Elemente erwecken frühere Vorstellungselemente, in denen die Wechselbeziehung dieser Bestandtheile die nämliche gewesen war: das sind aber, gemäss den Gesetzen der Blickbewegung und der Bildentwerfung im Auge, eben Elemente solcher Vorstellungen, denen die dem Objecte beigelegten perspectivischen Eigenschaften zukommen.

Bei den constanten Strecken- und Richtungstäuschungen liess sich eine solche auf einen psychologischen Assimilationsvorgang zurückführende Beziehung zwischen Blickbewegung und Netzhautbild nicht auffinden, und dem entsprechend fehlte hier überhaupt eine begleitende perspectivische Vorstellung von ähnlich compensatorischer Bedeutung. Unter den möglichen physiologischen Bedingungen erwiesen sich aber, da eine dioptrische Erklärung ausgeschlossen war, constante Asymmetrien in der Vertheilung der Muskelkräfte des Auges als die wahrscheinlichsten. Unterstützt wurde diese Erklärung durch die weitere Thatsache, dass sich jene Asymmetrien theils mit den Functionen des Sehens, theils mit bekannten Eigenschaften der Blickbewegung in Verbindung bringen liessen.

Bilden so die constanten Strecken- und Richtungstäuschungen, gegenüber der Fülle auf dem Zusammenwirken physiologischer und psychologischer Momente beruhender Täuschungen, den einen, ganz auf der physiologischen Seite liegenden Grenzfall, so wird der andere, psychologische durch die »Associationstäuschungen« gebildet. Ihr Vorhandensein entspricht der allgemeinen Thatsache, dass alle unsere Wahrnehmungsinhalte zu einander in Beziehung gesetzt, in Relation zu einander aufgefasst werden. Nur hier kann daher in der That in einem gewissen Sinne davon geredet werden, dass ein Wahrnehmungsinhalt zuerst vorhanden sei, und dass dann erst die Täuschung entstehe. Dies nämlich insofern, als in diesen Fällen die Täuschung ausschliesslich auf der Wechselbeziehung mehrerer Wahrnehmungsinhalte beruht, so dass sie für jeden einzelnen derselben verschwindet, wenn dieser für sich betrachtet wird. So schwinden durch isolirte Betrachtung sowohl die Aenderungen durch Angleichung wie die durch Contrast. Dagegen wird z. B. eine eingetheilte Strecke

nicht kleiner geschätzt, wenn man die nicht eingetheilte hinwegnimmt, sondern ihre scheinbare Grösse bleibt dieselbe. Hiernach haben die Associationstäuschungen überhaupt gegenüber den anderen Formen einen secundären Charakter. Die associative Beziehung selbständiger Vorstellungen zu einander, auf die sie zurückführen, ist eben ein Vorgang, der bereits die einzelnen Wahrnehmungsinhalte voraussetzt. Die primären Täuschungen dagegen sind, so weit sich an ihnen psychologische Bedingungen betheiligen, augenscheinlich nichts anderes als Sinneswahrnehmungen, bei denen die bei der Bildung dieser stets wirksamen Assimilationsprocesse unter Bedingungen stattfinden, die dem entstehenden Wahrnehmungsinhalte für unsere nachträgliche logische Beurtheilung den Charakter einer »Täuschung« verleihen.

Von jenen beiden Bedingungen, die wir bei den geometrisch-optischen Täuschungen im allgemeinen wirksam fanden, Netzhautbild und Blickbewegung oder Blickrichtung, kann nun die erste, das Netzhautbild, hier ausser Betracht bleiben. Dass es den Inhalt einer Gesichtswahrnehmung in erster Linie bestimmt, ist ja allerseits anerkannt; die Frage aber, wie das geschieht, ob unmittelbar oder durch irgend welche hypothetisch zu interpolirende Hülfsmittel und Zwischenglieder, muss theoretischen Erwägungen überlassen bleiben, auf die wir hier, wo es sich nur um die Feststellung thatsächlich gegebener Bedingungen des Sehens handelt, nicht einzugehen haben. Anders steht es mit der Blickbewegung. Dass sie überhaupt irgend etwas mit der räumlichen Ordnung der Gesichtsobjecte zu thun habe, oder dass sie gar eine ebenso wesentliche Bedingung derselben sei wie das Netzhautbild, wird von vielen Physiologen eifrig bestritten, und auch bei der Erklärung der geometrisch-optischen Täuschungen ist daher die Tendenz, diese ausschliesslich aus den Eigenschaften des Netzhautbildes abzuleiten, beinahe die vorherrschende zu nennen. Wenn nun die Analyse der Erscheinungen diese Ansicht nicht bestätigen konnte, vielmehr gerade bei den wichtigsten, mit den Bedingungen der ursprünglichen Wahrnehmung am engsten zusammenhängenden Täuschungen die Augenbewegung als den massgebenden Factor nachwies, so wird damit auch die Frage nahe gelegt, ob es denn empirische (nicht erst hypothetisch angenommene) Eigenschaften der Augenbewegungen gebe,

die einen ähnlichen, thatsächlich gegebenen Zusammenhang mit den auf dieses Moment zurückzuführenden Bestandtheilen der Täuschungen zeigen, wie ihn Grösse und Lage des Netzhautbildes zu gewissen andern Bestandtheilen, z. B. den perspectivischen Nebenvorstellungen der aus Eigenschaften der Blickbewegung zu erklärenden Grössentäuschungen, darbieten. Nun kann man bei dem Netzhautbilde möglicher Weise annehmen, dass es uns in seinen räumlichen Eigenschaften unmittelbar gegeben sei und daher auch die aus diesen Eigenschaften resultirenden Einflüsse auf die Täuschungen unmittelbar ausübe. Wenn diese Annahme Schwierigkeiten begegnet, so liegen diese wenigstens nicht ohne weiteres zu Tage, sondern sie ergeben sich erst bei der näheren Analyse der Erscheinungen. Anders verhält sich dies bei den Blickbewegungen und Blickrichtungen. Dass wir unmittelbar, ohne die Hülfe irgend welcher Empfindungen oder anderweitiger Wahrnehmungen eine Vorstellung davon besitzen sollten, wie, in welchem Umfange und in welcher Richtung sich unser Auge bewegt, und welche Stellung es jeweils einnimmt — diese Annahme ist allerdings gleichfalls gemacht worden. Aber man kann wohl getrost sagen: sie würde nicht gemacht worden sein, hätte man nicht das Bedürfniss empfunden, die Annahme einer unmittelbaren räumlichen Wirkung des Netzhautbildes durch eine entsprechende Annahme über den in gewissem Umfang nun einmal ohne weiteres anzuerkennenden Einfluss der Blickbewegung zu ergänzen. Schliesst doch diese Annahme nicht bloss die Voraussetzung ein, dass wir eine unmittelbare und uns angeborene Vorstellung von der Lage unseres Gesammtkörpers und seiner einzelnen Organe im Raume besitzen, sondern auch die weitere, dass unserem Willen die Eigenschaft zukomme, bestimmte Vorstellungen von Bewegungen und zugleich mit diesen die Bewegungen selbst zu erzeugen. Zu einer solchen, einer psychologischen Analyse überhaupt unzugänglichen Hypothese würde man schwerlich greifen, wenn man sie nicht aus andern, in dem Zusammenhang mit sonstigen Hypothesen gelegenen Gründen wünschenswerth fände. So begreiflich nun aber auch der Wunsch ist, verschiedene Annahmen, die sich auf ein und dasselbe Functionsgebiet beziehen, möglichst einander anzupassen, so wird man doch anerkennen müssen, dass auch hier die Hypothesenbildung an den Thatsachen der Erfahrung ihre Grenzen findet,

und dass man an einer Hypothese nicht mehr um einer anderen Hypothese willen festhalten darf, wenn sie selbst der Erfahrung widerstreitet. Nun ist es keine Frage: die Annahme, dass wir von den Stellungen und Bewegungen unseres Auges oder anderer Glieder unseres Leibes eine unmittelbare, von allen begleitenden Empfindungen unabhängige Vorstellung besitzen, widerstreitet insofern der Erfahrung, als solche Empfindungen mindestens bei ausgiebigeren Bewegungen und Lageänderungen stets vorhanden sind. Dass wir starke Bewegungen des Auges nach oben, unten, aussen, innen, und dass wir stark excentrische Stellungen empfinden, ist unzweifelhaft, ebenso, dass diese Empfindung nicht etwa bloss in einer Vorstellung von oben, unten, aussen, innen, sondern in einer im Auge selbst localisirten Druckempfindung besteht, die bei stark excentrischen Augenstellungen sogar unangenehm werden kann. Nun ist allerdings bei minder umfangreichen Bewegungen diese Druckempfindung minder deutlich, und bei sehr kleinen Bewegungen sind wir unsicher, ob sie überhaupt existirt. Gleichwohl wird man voraussetzen dürfen, dass die Regel »grosse Ursachen grosse Wirkungen, kleine Ursachen kleine Wirkungen« auch hier gelte. Wenn daher bei kleineren Bewegungen unseres Auges oder unserer tastenden Glieder solche Empfindungen nicht bemerkt werden, so wird dies zum Theil eben darin seinen Grund haben, dass wir diese Empfindungen ganz auf die vorgestellten räumlichen Lageänderungen beziehen, gerade so wie wir bei den gewöhnlichen schwachen Tastberührungen in der Regel nicht darüber reflectiren, dass es Tastempfindungen sind, die wir wahrnehmen, sondern die Empfindungen direct auf die betasteten Gegenstände selbst übertragen, indem wir sie als deren Eigenschaften auffassen. Gibt man aber zu, dass bei umfangreicheren Bewegungen sicher, bei minder umfangreichen bis zu einem bestimmten Schwellenwerthe herab mindestens sehr wahrscheinlich begleitende Druck- oder Spannungsempfindungen vorhanden sind, deren Intensität mit dem Umfang der Bewegung zunimmt, so ist es offenbar nicht mehr erlaubt anzunehmen, die Vorstellungen von den Stellungen und Bewegungen unseres Auges seien so zu sagen »reine« Vorstellungen, die ohne jede ihnen anhaftende Empfindung in uns liegen, — jedenfalls bei grösseren, sehr wahrscheinlich aber auch bei kleineren Bewegungen sind sie von Druckempfindungen

regelmässig begleitet, und diese stehen, wo sie überhaupt nachweisbar sind, zu jenen Vorstellungen in dem Verhältniss, dass mit der räumlichen Grösse der Objecte die Intensität der Empfindung zunimmt. Unter der Voraussetzung der Gültigkeit dieser Wechselbeziehung liegt aber offenbar auch die Annahme nahe, dass dieselbe insofern eine causale Bedeutung habe, als uns in der unmittelbaren Auffassung der Stellungen und Bewegungen die Intensität der Empfindung ein Mass abgebe für die Grösse der Lageabweichungen und für den Umfang der Bewegungen. Müssen wir doch, jene Wechselbeziehung der sich begleitenden Veränderungen beider Grössen zugegeben, psychologisch eine solche causale Bedeutung hier schon deshalb annehmen, weil regelmässig verbundene Empfindungen oder Vorstellungen stets feste Associationen bilden, bei denen die Veränderung des einen Gliedes der Verbindung auch eine Veränderung des andern im Sinne der regelmässigen Association herbeizuführen strebt.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich der allgemeine Gesichtspunkt, unter dem der Einfluss der Blickbewegungen, wie er sich insbesondere bei den variabeln und constanten Strecken- und Richtungstäuschungen herausgestellt hat, nach Lage der Sache am ungezwungensten und unter möglichster Vermeidung unwahrscheinlicher psychologischer Hypothesen zu beurtheilen ist. Die erwähnten Täuschungen werden verständlich, wenn wir voraussetzen, dass bei der Bildung irgend welcher räumlicher Grössenvorstellungen die Intensität der an die Blickbewegung gebundenen Empfindungen auf die Auffassung der räumlichen Grössen von Einfluss ist, indem mit der relativen Zunahme jener Spannungsempfindungen des Auges auch die bei der Blickbewegung durchmessene Grösse zuzunehmen scheint. Dieser Annahme muss, um zu erklären, dass, wenngleich in der Regel nur in vermindertem Grade, die Täuschungen bei ruhendem Blick bestehen bleiben, nur noch die weitere beigefügt werden, dass eine gegebene Raumgrösse, wenn ein Punkt derselben fixirt wird, durch die in ihr gegebenen weiteren Fixirpunkte und insbesondere durch die vom fixirten Punkt ausgehenden Fixationslinien einen Reiz zur Bewegung im Sinne der Lage und Richtung dieser virtuellen Fixirpunkte und Fixationslinien auf den Blick ausübt, welcher Reiz im selben Sinne wie die wirkliche Durchmessung des Raumes auf die Grössenvorstellung einwirkt.

Hierbei muss jedoch ausdrücklich bemerkt werden, dass die entwickelte Annahme nichts weiter als eben jene feste Association zwischen der die Bewegung begleitenden Empfindung und der bei der Bewegung durchmessenen Raumgrösse in sich schliesst. Mehr als diese Annahme wird durch die bei den geometrisch-optischen Täuschungen sich darbietenden Erscheinungen nicht gefordert Wie ein solches Herüberwirken einer Empfindungsstärke auf eine vorgestellte Raumgrösse überhaupt möglich sei, diese und andere Fragen mehr, die dem allgemeinen Problem der räumlichen Wahrnehmung angehören, haben mit der Erklärung der Täuschungen an sich zunächst nichts zu thun. Wohl aber bringt die Analyse dieser Täuschungen auch jenem allgemeineren Problem einen wichtigen, in den meisten sowohl nativistischen wie empiristischen Theorien des Sehens ausser Acht gebliebenen Gesichtspunkt entgegen. Die Gesichtswahrnehmung ist, wie am einleuchtendsten die Wechselbeziehungen zwischen Grössentäuschungen und perspectivischen Vorstellungen gezeigt haben, überall ein Product zweier physiologischer Bedingungen: des Netzhautbildes und der Blickbewegungen. Erinnern wir uns nun, dass die Täuschungen nicht Veränderungen an einem zuvor gegebenen Wahrnehmungsinhalte, wie die rein psychologischen Theorien fälschlich voraussetzen, sondern dass sie Eigenschaften des Wahrnehmungsinhaltes selbst sind, so wird von vornherein gesagt werden müssen, dass keine Theorie der Gesichtswahrnehmungen den Erscheinungen genügen kann, die entweder das Netzhautbild allein oder, wenn der Ausdruck gestattet ist, das »Bewegungsbild« allein berücksichtigt, statt sich auf eine Analyse der Einflüsse und der thatsächlichen Beziehungen beider zu stützen.

BEOBACHTUNGEN

AM

SECHSZÖLLIGEN REPSOLDSCHEN HELIOMETER

DER

LEIPZIGER STERNWARTE

VON

BRUNO PETER.

II. ABHANDLUNG.

Des XXIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

Nº III.

MIT ZWEI TEXTFIGUREN UND EINER TAFEL.

LEIPZIG

BEI B. G. TEUBNER.

1898.

Das Manuscript eingeliefert am 25. October 1897.
Der Abdruck vollendet am 25. Januar 1898.

BEOBACHTUNGEN

AM

SECHSZÖLLIGEN REPSOLDSCHEN HELIOMETER

DER

LEIPZIGER STERNWARTE

VON

BRUNO PETER.

II. ABHANDLUNG.

MIT ZWEI TEXTFIGUREN UND EINER TAFEL.

Vorwort.

In No. IV des XXII. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe habe ich im Anschluss an eine Untersuchung des Leipziger Heliometers eine erste Serie von Fixsternparallaxen veröffentlicht, welche mit diesem Instrumente bestimmt worden sind. Im Nachfolgenden gelangt das weitere auf die Bestimmung von Fixsternparallaxen bezügliche Material zur Veröffentlichung. Die Bearbeitung und die zu Grunde gelegten Reductionsconstanten sind die gleichen wie früher; in dieser Hinsicht genügt es daher, auf die eingangs erwähnte Abhandlung hinzuweisen.

Ein zweiter Theil der vorliegenden Publication ist der Bestimmung der Theilungsfehler der Scalen des Leipziger Heliometers gewidmet, deren Kenntniss für die Bearbeitung der übrigen mit dem Heliometer ausgeführten Messungen erforderlich ist.

I. Bestimmung von Fixsternparallaxen.

1. η Cassiopejae.

η Cassiopejae ist das erste Object, von welchem ich eine Parallaxenbestimmung am Heliometer unternommen habe. Diese Beobachtungen liegen zeitlich erheblich von allen meinen anderen Bestimmungen von Fixsternparallaxen ab und weichen nach der Art ihrer Ausführung in einigen Punkten auch von diesen ab. Vor allem habe ich mich von vornherein nicht lediglich nur auf Beobachtungen zu den Zeiten der grössten parallaktischen Ausweichungen beschränkt,

da ich ursprünglich die Absicht hatte, diese Beobachtungen, die ich gleich kurz nach der Aufstellung des Heliometers begonnen habe, eine längere Reihe von Jahren hindurch fortzuführen und zu sehen, wie die Beobachtungen auch an anderen Stellen der parallaktischen Bahn dargestellt werden. Diese Absicht musste ich jedoch aufgeben und die Beobachtungen schon nach Verlauf von zwei Jahren abbrechen, da meine Thätigkeit am Heliometer längere Zeit hindurch im Wesentlichen von der gemeinsam mit Capstadt und einigen anderen Sternwarten unternommenen Beobachtung der Oppositionen von Iris, Victoria und Sappho behufs Bestimmung der Sonnenparallaxe in Anspruch genommen wurde. Die Parallaxe von η Cassiopejae ist daher schliesslich nicht mit der Sicherheit bestimmt worden, wie ursprünglich beabsichtigt war. Ferner ist an den ersten Beobachtungsabenden in unmittelbarem Anschluss an die Cassiopejabeobachtungen noch ein in der Nähe und zwar der Distanz yz parallel gelegener besonderer Normalbogen beobachtet worden, von dem aber bald wieder abgesehen wurde und der dann bei der Reduction überhaupt nicht zur Verwendung gekommen ist. Dass verhältnissmässig oft nur in einer Stellung des Positionskreises beobachtet wurde, hat seinen Grund darin, dass, wie oben erwähnt, das Beobachtungsprogramm ursprünglich ein anderes war, bei dem diese Beobachtungen mit halbem Gewichte ganz wohl am Platze waren. Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass die Scalenablesungen in derselben Weise wie beim Polbogen ausgeführt wurden; es wurde also bei den beiden in gleicher Schieberstellung ausgeführten Messungen der als Index benutzte Strich abwechselnd auf der einen und der anderen Scala angenommen.

Das Verhältniss der Halbachsen in der von η Cassiopejae beschriebenen parallaktischen Ellipse ist 100 : 73. Als Vergleichsterne wurden angenommen

$$y = \text{B.D.} + 56^\circ 112\ (7^m 8)\quad \text{und}\quad z = \text{B.D.} + 57^\circ 172\ (7^m 0).$$

Beide Sterne liegen recht passend zu η Cassiopejae. Die Beobachtungen sind bei hellem Felde ausgeführt und η Cassiopejae wurde stets mit Gitter 1 abgeblendet; der Begleiter wurde dadurch vollständig zum Verschwinden gebracht.

Bezogen auf das mittlere Aeq. 1888.0 liegen von y und z die folgenden Bestimmungen vor.

		Epoche	
y = B.D. + 56°112			
$0^h36^m14^s.40$	+ 56°58′52″.5	1790.8	Lalande 1093
14.96	54.7	1842	Arg.-Oeltzen 634
14.99	54.4	1870.7	A. G. C. Helsingfors 566
—	53.5	1880.8	Paris 871
z = B.D. + 57°172			
$0^h49^m33^s.67$	+ 57°23′23″.7	1842	Arg.-Oeltzen 881
33.87	23.9	1872.8	A. G. C. Helsingfors 770.

Eigenbewegung, die in Rechnung zu stellen wäre, liegt weder bei y noch bei z vor; die Abweichung in Rectascension von Lalande bei y steht im Widerspruch mit Arg.-Oeltzen und dürfte auf die Unsicherheit der Position von Lalande zurückzuführen sein.

Der Rechnung wurde zu Grunde gelegt

$y = 0^h36^m14^s.99 \quad + 56°58′53″.9$ ½ (A.G.C. + Paris)
$z = 0\ 49\ 33.87 \quad + 57\ 23\ 23.9$ A.G.C. .

Für η Cassiopejae wurde nach dem Berliner Jahrbuche für 1888.0 angenommen

$$x = 0^h42^m19^s.44 \quad + 57°13′18″.3 .$$

Mit diesen Oertern erhält man für die Mitten der Distanzen, bezogen auf 1888.0, die Werthe

α_0	9°49′.2	11°29′.0
δ_0	+ 57 6.2	+ 57 18.6
p_0	73 46.3	80 13.8
Δ	3092″.4 = 142^R.3	3571″.4 = 164^R.4

Die mittlere Refraction, in welcher das von Δ^3 abhängige Glied verschwindend klein ist, wurde tabulirt und der folgenden Tafel entnommen.

Mittlere Refraction.

t	xy	xz	t	xy	xz	t	xy	xz
$2^h\ 0^m$	0^R.0436		$3^h\ 20^m$	0^R.0520	0^R.0601	$4^h\ 40^m$	0^R.0664	0^R.0753
10	0444		30	0535	0617	50	0687	0776
20	0452	0^R.0525	40	0550	0633			
30	0461	0535	50	0567	0651	5 0	0710	0800
40	0471	0547				10	0735	0825
50	0482	0559	4 0	0584	0670	20	0761	0850
			10	0603	0689	30	0787	0876
3 0	0494	0572	20	0622	0710	40	0815	0903
10	0507	0586	30	0643	0731	50	0843	0930

t	xy	xz	t	xy	xz	t	xy	xz
6h 0m	0.0873	0.0957	13h 10m	0.0416	0.0458	17h 40m	0.0617	0.0788
10	0903		20	0403	0467	50	0614	0780
20	0933		30	0397	0480			
30	0965		40	0395	0497	18 0	0611	0771
40	0996		50	0398	0518	10	0607	0762
						20	0602	0751
9 20	1337		14 0	0404	0540	30	0596	0740
30	1331		10	0414	0565	40	0590	0729
40	1318	1220	20	0426	0590	50	0584	0717
50	1299	1190	30	0440	0616			
			40	0455	0641	19 0	0577	0705
10 0	1274	1151	50	0471	0665	10	0569	0693
10	1243	1113				20	0562	0681
20	1206	1069	15 0	0488	0689	30	0554	0668
30	1164	1020	10	0504	0710	40	0546	0656
40	1116	0969	20	0521	0730	50	0538	0644
50	1065		30	0536				
			40	0550		20 0	0529	0631
11 0	1010		50	0563		10	0521	0619
10	0953					20	0513	0607
20	0894		16 0	0575		30	0505	0596
30	0834		10	0586		40	0497	0585
40	0775		20	0595	0803	50	0489	0574
			30	0602	0807			
12 10		0531	40	0608	0809	21 0	0482	0564
20		0503	50	0613	0810	10	0474	0553
30		0482				20	0467	0544
40	0487	0466	17 0	0616	0808	30		0535
50	0457	0457	10	0618	0805	40		0526
			20	0619	0801			
13 0	0433	0455	30	0618	0795			

In Scalentheilen ausgedrückt sind die Correctionen wegen Aberration

$$xy\colon (6.4987)\,C - (6.5673)\,D \qquad xz\colon (6.5759)\,C - (6.6251)\,D.$$

Hierin sind C und D die Tagesconstanten zur Berechnung des scheinbaren Ortes nach Bessel.

Die Eigenbewegung von η Cassiopejae habe ich nach dem Berliner Jahrbuche angenommen zu $+0^s.135$ und $-0''.48$ oder im Bogen grössten Kreises $1''.197$. Der Positionswinkel der Eigenbewegung ist $113°38'$. Als Reductionsepoche ist angenommen 1888.0. In Scalentheilen ausgedrückt erhält man für die an die gemessenen Distanzen anzubringenden Correctionen wegen Eigenbewegung pro Jahr

$$xy\colon -0^p.04268 \qquad xz\colon +0^p.04558.$$

In der nachfolgenden Zusammenstellung der Beobachtungen ist Σc, die Summe der Correctionen, durchweg positiv.

Die gemessenen Abstände zwischen η Cassiopejae und den Vergleichsternen y und z.

1887	Θ	G	Ocs	P	B	S	K	$K-S$	J_g	Σc	RE	J_r	
Aug. 25	20h 0m.8	f	6.95	I	3	2—3	+ 16".9	— 2".3	142".4352	395	+ 150	142".4897	a
	20 31.8				2	2	+ 16.4	— 2.3	164.2893	465	— 160	164.3198	
26	20 12.5	f	7.00	II	2	2	+ 18.1	— 1.6	164.3029	449	— 159	164.3319	b
	20 37.0				2—3	2—3	+ 17.6	— 1.7	142.4254	338	+ 149	142.4741	
27	19 52.8	f	7.00	I	3	3	+ 21.0	— 1.5	142.4312	355	+ 147	142.4814	c
	20 14.2				2—3	2—3	+ 20.5	— 1.7	164.2929	428	— 157	164.3200	
	20 34.0			II	2—3	2	+ 20.1	— 1.8	164.3047	406	— 157	164.3296	
	21 10.5				—	—	+ 19.3	— 2.0	142.4428	298	+ 147	142.4873	
29	19 29.5	f	7.29	II	2—3	2	+ 18.6	— 1.6	164.3080	271	— 155	164.3196	
	19 54.4				2—3	2	+ 18.3	— 1.6	142.4411	174	+ 145	142.4730	
Sept. 9	20 35.1	f	7.00	II	2—3	2	+ 11.9	— 1.7	164.2924	449	— 141	164.3232	
	21 13.9				2—3	2	+ 11.1	— 2.0	142.4211	332	+ 132	142.4675	
	21 36.6			I	2—3	2	+ 10.7	— 2.2	142.4311	314	+ 132	142.4757	
	22 3.3				2—3	2	+ 10.2	— 2.4	164.3019	353	— 141	164.3231	
17	20 37.9	f	7.00	I	2—1	2—1	+ 15.8	— 1.4	142.4571	333	+ 123	142.5027	d
	21 0.5				2—1	2—1	+ 15.3	— 1.6	164.3090	389	— 131	164.3357	
	21 21.2			II	2—1	2—1	+ 14.9	— 1.7	164.3136	367	— 131	164.3372	
	21 46.0				2—1	2—1	+ 14.5	— 2.0	142.4497	281	+ 123	142.4901	
Oct. 11	19 55.5	f	7.00	II	2—3	2	+ 8.3	— 1.4	164.2973	476	— 101	164.3348	
	20 23.0				2—3	2	+ 7.9	— 1.5	142.4322	355	+ 95	142.4772	
	20 46.2			I	2—3	2	+ 7.5	— 1.6	142.4238	336	+ 95	142.4669	
	21 9.2				2—3	2	+ 7.2	— 1.7	164.3102	390	— 101	164.3391	
13	19 57.2	f	7.00	I	1—3	2	+ 6.3	— 1.5	142.4312	386	+ 93	142.4791	
	20 18.6				1—3	2	+ 5.9	— 1.6	164.3065	464	— 99	164.3430	
	20 41.5			II	1—3	2	+ 5.4	— 1.7	164.3035	439	— 99	164.3375	
	21 2.6				1—3	2	+ 5.0	— 1.8	142.4191	339	+ 93	142.4623	e
23	20 19.2	f	7.00	II	2—3	2	+ 6.0	— 0.8	164.3157	468	— 86	164.3539	
	20 45.5				2—3	2	+ 5.6	— 1.1	142.4340	350	+ 81	142.4771	
	21 11.4			I	—	—	+ 5.1	— 1.3	142.4355	327	+ 81	142.4763	
	21 41.2				2—3	2—3	+ 4.5	— 1.6	164.3108	368	— 86	164.3390	f
25	20 3.1	f	7.00	I	2	2	+ 3.4	— 1.0	142.4310	397	+ 79	142.4786	
	20 27.6				2—3	2	+ 2.8	— 1.3	164.2992	469	— 84	164.3377	
	21 2.0			II	2—3	2	+ 2.1	— 1.7	164.3031	425	— 84	164.3372	
	21 22.8				2	2	+ 1.6	— 2.0	142.4370	328	+ 79	142.4777	

a) Mondschein, Bilder schlecht.
b) Schwer zu messen, wahrscheinlich einzelne Wolken.
c) Mondschein, den ganzen Abend dünne Wolkenstreifen.
d) Sehr gute, ruhige Bilder.
e) Stern x meist sehr schwach, aber scharf.
f) Einzelne Wolkenstreifen.

1887	Θ	G	Ocs	P	R	S	K	K—S	Δ_g	Σc	RE	Δ_r
Oct. 25	2ʰ54ᵐ.5	v	7.00	I	2	2	— 1°.7	— 2°.3	142″.4510	299	+ 78	142″.4887
	3 17.9				2	2	— 1.8	— 2.2	164.3142	373	— 83	164.3432
	3 45.5			II	2	2	— 2.0	— 2.2	164.3011	408	— 83	164.3336
	4 15.0				2	2	— 2.1	— 2.1	142.4401	405	+ 78	142.4884
26	20 9.1	f	7.00	II	2—3	2	+ 1.4	— 1.3	164.3045	512	— 83	164.3474
	20 34.2				2—3	2	+ 0.8	— 1.5	142.4329	387	+ 77	142.4793
	21 4.1			I	2	2	+ 0.2	— 1.6	142.4419	364	+ 77	142.4860 g
	21 32.1				2	2	— 0.4	— 1.8	164.3126	415	— 83	164.3458
Dec. 17	4 14.2	v	6.80	I	2	2	+ 3.5	— 1.1	142.4104	424	+ 17	142.4545
	4 44.1				2	2	+ 3.4	— 1.1	164.2890	532	— 18	164.3404
	5 14.6			II	2	2	+ 3.2	— 1.2	164.2890	594	— 18	164.3466 h
1888												
Jan. 1	4 19.1	v	6.60	II	2	2	— 8.3	— 1.0	142.4094	637	— 1	142.4730
	4 51.4				2—3	2—3	— 8.8	— 1.0	164.2697	786	+ 1	164.3484
	5 17.6			I	2—3	2—3	— 9.3	— 1.0	164.2676	849	+ 1	164.3526
	5 49.4				2—3	2—3	— 9.8	— 1.0	142.3807	844	— 1	142.4650 i
2	4 14.5	v	6.60	I	2—3	2—3	— 10.7	— 2.6	164.2669	700	+ 2	164.3371
	4 37.2				2—3	2—3	— 10.7	— 2.6	142.4187	658	— 2	142.4843
	4 59.2			II	2—3	2—3	— 10.7	— 2.5	142.4097	704	— 2	142.4799
	5 21.0				2—3	2—3	— 10.7	— 2.4	164.2517	841	+ 2	164.3360
5	4 52.0	v	6.70	I	2	2—3	— 3.8	— 1.6	142.4119	591	— 6	142.4704
	5 25.0				2—3	2—3	— 3.9	— 1.5	164.2681	735	+ 6	164.3422
	5 49.9			II	2	2	— 3.9	— 1.5	164.2693	797	+ 6	164.3496
	6 15.6				2	3	— 4.0	— 1.5	142.3899	801	— 6	142.4694 i
Febr. 6	5 11.0	v	6.71	II	2	2—3	— 2.6	— 1.4	164.2737	682	+ 46	164.3465
	5 31.0				2	2—3	— 3.0	— 1.5	142.4066	661	— 43	142.4684
	6 0.0			I	2	2	— 3.5	— 1.8	142.4115	737	— 43	142.4809
	6 25.8				2	2	— 4.0	— 2.0	164.2680	875	+ 46	164.3601
13	4 9.5	v	6.745	I	2—3	2	+ 1.9	— 1.7	142.4388	439	— 51	142.4776
	4 41.8				2—3	2	+ 1.4	— 1.8	164.2893	553	+ 55	164.3501
	5 5.2			II	2—3	2	+ 1.0	— 1.9	164.2831	600	+ 55	164.3486
	5 36.8				2—3	2	+ 0.4	— 2.0	142.4295	619	— 51	142.4863
April 15	10 10.4	v	6.90	I	2—3	2	+ 8.4	— 1.3	142.3813	1167	— 124	142.4856
	10 41.6				2—3	2	+ 7.8	— 1.7	164.2268	977	+ 132	164.3377
	11 3.8			II	2	2—3	+ 7.4	— 2.0	164.2285	885	+ 132	164.3302
	11 23.3				2	2—3	+ 7.0	— 2.3	142.4041	927	— 124	142.4844 k
Mai 22	13 8.1	f	6.93	II	2	2	+ 13.7	— 2.0	164.2845	305	+ 178	164.3328
	13 32.0				2	2	+ 13.0	— 1.9	142.4733	291	— 167	142.4857
	13 53.6			I	2	2	+ 12.3	— 1.8	142.4651	256	— 167	142.4740
	14 16.6				2	2	+ 11.7	— 1.7	164.2799	306	+ 178	164.3283
24	14 15.2	f	6.93	I	3	3—4	+ 17.1	— 1.3	142.4841	218	— 169	142.4890
	14 41.5				3	3	+ 16.6	— 1.5	164.2837	323	+ 180	164.3340
	15 7.0			II	2—3	2—3	+ 16.2	— 1.6	164.2805	385	+ 180	164.3370
	15 37.1				2—3	2—3	+ 15.8	— 1.8	142.4782	305	— 169	142.4918
25	13 31.0	f	6.90	II	2	3	+ 13.8	— 2.2	164.2821	284	+ 182	164.3287 l
	13 53.8				2	3—4	+ 13.4	— 2.2	142.4823	259	— 170	142.4912

g) Stern *x* meist sehr schwach wegen Mondschein.
h) Trübe.
i) Stern *x* sehr schwach.
k) Sterne zuletzt sehr schwach.
l) Sterne äusserst schwach; abgebrochen, da die Bilder zu schlecht wurden.

1888	Θ	G	Ocs	P	R	S	K	K—S	$\varDelta_g$	Σc	RE	$\varDelta_r$	
Mai 27	13ʰ39ᵐ.5	f	6.92	I	2—3	2—1	+ 10″.4	— 2°.0	142″.4751	297	— 173	142″.4875	m
	14 4.2				3	3	+ 9.9	— 2.2	164.2725	308	+ 185	164.3218	m
	14 44.4			II	3	3	+ 9.0	— 2.4	164.2660	382	+ 185	164.3227	m
	15 22.5				3	3	+ 8.2	— 2.7	142.4677	326	— 173	142.4830	m
Juni 1	15 48.5	f	6.89	II	2—3	2—3	+ 12.0	— 2.1	164.2550	558	+ 191	164.3299	
	16 17.2				2—3	2—3	+ 11.3	— 2.2	142.4619	433	— 179	142.4873	
	16 44.8			I	2	2	+ 10.7	— 2.4	142.4602	468	— 179	142.4891	
	17 15.8				2	2	+ 9.9	— 2.6	164.2508	677	+ 191	164.3376	
25	17 2.5	f	7.08	I	3	2—3	+ 20.0	— 2.8	142.4726	311	— 207	142.4830	
	17 29.5				3	2—3	+ 19.5	— 2.7	164.2448	480	+ 221	164.3149	
	18 1.2			II	3	3	+ 18.8	— 2.5	164.2557	484	+ 221	164.3262	
	18 33.0				2—3	2	+ 18.2	— 2.4	142.4603	344	— 207	142.4740	
Juli 5	17 21.2	f	6.90	II	2—3	2—3	+ 16.2	— 1.3	164.2450	670	+ 233	164.3353	
	17 53.5				3	3	+ 15.7	— 1.6	142.4627	500	— 219	142.4908	
	18 16.2			I	2—3	2—3	+ 15.3	— 1.7	142.4694	500	— 219	142.4975	
	18 39.4				2—3	2—3	+ 15.0	— 1.9	164.2463	638	+ 233	164.3334	
9	17 12.8	f	6.93	I	3—4	2—3	+ 14.0	— 1.7	142.4660	484	— 223	142.4921	
	17 54.0				3—4	3—4	+ 13.3	— 1.8	164.2310	668	+ 238	164.3216	n
15	18 30.2	f	6.90	II	2—3	2	+ 12.4	— 1.7	164.2396	681	+ 246	164.3323	
	18 57.0				2	2	+ 12.1	— 1.8	142.4678	512	— 230	142.4960	
	19 23.3			I	2—3	2—3	+ 11.7	— 1.9	142.4649	501	— 230	142.4920	
	19 51.0				2	2	+ 11.4	— 1.9	164.2507	599	+ 246	164.3352	
17	18 1.0	f	6.90	I	2—3	2—3	+ 16.1	— 1.1	142.4621	507	— 233	142.4895	
	18 25.2				3	3	+ 15.8	— 1.2	164.2243	658	+ 248	164.3149	
	18 51.2			II	2—3	2—3	+ 15.5	— 1.3	164.2308	636	+ 248	164.3192	
	19 23.8				2—3	3—2	+ 15.0	— 1.4	142.4543	479	— 233	142.4789	o
18	17 27.0	f	6.90	II	3	3	+ 16.6	— 1.1	164.2274	675	+ 250	164.3199	p
	18 3.0				3	3	+ 16.1	— 1.2	142.4449	507	— 234	142.4722	p
	18 30.8			I	2—3	2	+ 15.6	— 1.3	142.4557	505	— 234	142.4828	p
	19 12.8				3	3	+ 15.0	— 1.4	164.2321	619	+ 250	164.3190	p
22	17 38.4	f	7.00	I	2—3	2—3	+ 17.3	— 1.9	142.4730	429	— 238	142.4921	
	17 59.2				2—3	2—3	+ 17.0	— 1.9	164.2441	589	+ 254	164.3284	
	18 24.8			II	2—3	2—3	+ 16.6	— 2.0	164.2512	576	+ 254	164.3342	
	18 50.8				3—2	3—2	+ 16.3	— 2.0	142.4775	424	— 238	142.4961	
24	17 50.0	f	7.01	II	3	3	+ 19.2	— 2.0	164.2407	566	+ 257	164.3230	
	18 19.2				3—2	3—2	+ 18.5	— 2.0	142.4672	413	— 241	142.4844	
	18 45.2			I	3	3	+ 17.8	— 2.1	142.4706	409	— 241	142.4874	
	19 7.8				3	3	+ 17.3	— 2.1	164.2373	523	+ 257	164.3153	
26	19 24.2	f	7.00	I	2—3	2	+ 17.3	— 1.6	164.2644	521	+ 260	164.3425	
	19 51.8				2—3	2	+ 16.9	— 1.7	142.4769	389	— 243	142.4915	
	20 25.0			II	2—3	2	+ 16.5	— 1.8	142.4851	364	— 243	142.4972	
	20 51.5				2—3	2	+ 16.1	— 1.9	164.2623	422	+ 260	164.3305	
Aug. 1	18 43.5	f	6.90	II	2	2	+ 16.2	— 1.3	142.4582	506	— 250	142.4838	
	19 7.2				2	2—3	+ 15.9	— 1.5	164.2405	632	+ 267	164.3304	
	19 35.5			I	2—3	2—3	+ 15.4	— 1.7	164.2439	602	+ 267	164.3308	
	20 0.5				2	2	+ 15.1	— 1.9	142.4763	457	— 250	142.4970	

m) Die Messungen wurden durch den äusserst variablen Zustand der Luft sehr erschwert; Uhrwerk in Unordnung.

n) Wolken. Weitere Messungen wegen zu schlechter Luft unmöglich.

o) Am Schlusse trübe.

p) Sehr beschwerliches Messen wegen grosser Unruhe der Luft.

1888	Θ	G	O.s	P	B	S	k	K—S	Δ_u	Σc	RE	Δ_r	
Oct. 5	$20^{h}38^{m}.4$	f	10.00	I	2	2	+ 5″.7	— 2″.0	142″.4712	500	— 326	142″.4892	
	20 55.5				2	2	+ 5.4	— 2.1	164.2448	596	+ 348	164.3302	
	21 13.0			II	2	2	+ 5.1	— 2.2	164.2415	575	+ 348	164.3338	
	21 30.4				2	2	+ 4.8	— 2.3	142.4726	400	— 326	142.4866	
6	20 46.3	f	10.00	II	2	2	+ 6.9	— 1.4	164.2362	607	+ 349	164.3318	
	21 3.6				2	2	+ 6.6	— 1.5	142.4650	488	— 327	142.4817	
	21 18.6			I	2	2	+ 6.4	— 1.7	142.4684	474	— 327	142.4831	
	21 35.7				2—1	2—1	+ 6.1	— 1.9	164.2557	550	+ 349	164.3456	
Dec. 6	3 51.2	v	10.00	I	1	1	— 0.5	— 2.0	142.4770	439	— 399	142.4810	
	4 11.4				1	1	— 0.6	— 2.0	164.2350	531	+ 426	164.3307	
	4 30.1			II	1	1	— 0.7	— 2.1	164.2347	563	+ 426	164.3336	
	4 48.4				1	1	— 0.8	— 2.1	142.4656	536	— 399	142.4793	
1889 Jan. 2	3 27.5	v	10.00	II	2	2	— 9.1	— 2.3	164.2264	497	+ 459	164.3320	
	3 50.2				2	2	— 9.2	— 2.4	142.4074	465	— 430	142.4709	q)
	4 28.2			I	2	2	— 9.4	— 2.5	142.4694	520	— 430	142.4790	q)
	4 58.5				3	2	— 9.6	— 2.6	164.2349	655	+ 459	164.3463	
3	3 32.5	v	9.90	I	2—3	2	— 10.1	— 2.7	142.4043	510	— 431	142.4722	
	3 55.0				3	2—3	— 10.1	— 2.7	164.2317	614	+ 460	164.3391	
	4 15.2			II	3	2—3	— 10.1	— 2.6	164.2286	649	+ 460	164.3395	
	4 35.2				3	3	— 10.1	— 2.6	142.4531	612	— 431	142.4712	
6	5 9.2	v	9.89	II	3	3	— 3.9	— 1.0	164.2149	726	+ 464	164.3339	
	5 26.0				2	2—3	— 3.9	— 1.0	142.4492	691	— 434	142.4749	
	5 44.0			I	2—3	2—3	— 3.9	— 1.1	142.4441	735	— 434	142.4742	
	5 59.0				2—3	2—3	— 4.0	— 1.1	164.2201	849	+ 464	164.3514	
12	4^{h} 0.0	f	10.00	II	2	2	+ 0.2	— 0.7	142.4770	416	— 442	142.4744	
	4 15.0				2	2	+ 0.1	— 0.8	164.2449	494	+ 472	164.3415	
	4 35.2			I	2	2	0.0	— 0.9	164.2491	520	+ 472	164.3492	
	4 54.0				2—3	2	— 0.1	— 1.0	142.4833	506	— 442	142.4897	
14	4 37.5	f	9.83	I	2	2	— 8.8	— 2.2	164.2204	723	+ 474	164.3461	
	4 52.8				2—3	2	— 8.8	— 2.3	142.4544	672	— 444	142.4772	r)
15	4 25.0	f	9.84	II	2—3	2	— 11.6	— 2.6	142.4523	626	— 445	142.4704	
	4 38.8				2—3	2	— 11.6	— 2.7	164.2212	732	+ 475	164.3410	
	4 55.8			I	3	2	— 11.7	— 2.7	164.2227	770	+ 475	164.3472	
	5 15.8				3	2	— 11.7	— 2.8	142.4540	732	— 445	142.4827	
Febr. 13	3 49.5	v	10.00	I	3	2—3	— 8.6	— 2.3	164.2330	511	+ 511	164.3352	
	4 9.0				3	2—3	— 9.0	— 2.6	142.4763	480	— 479	142.4764	s)
	4 36.8			II	3	2—3	— 9.5	— 2.9	142.4618	529	— 479	142.4668	
	4 56.5				3	3	— 9.9	— 3.2	164.2242	628	+ 511	164.3381	
Juli 9	19 26.8	f	10.28	I	3	2—3	+ 19.9	— 2.3	142.5156	329	— 650	142.4835	
	19 47.7				2—3	2—3	+ 19.6	— 2.5	164.2088	408	+ 694	164.3190	

q) Das Uhrwerk ging der Kälte wegen sehr schlecht; das elektrische Licht setzt zeitweilig aus und flackert.

r) Plötzlich trübe.

s) Sterne sehr schwach.

Die Positionswinkel der Richtungen an x nach den Sternen y und z sind

$$xy:\ 254^\circ 24'.7 \quad \text{und} \quad xz:\ 79^\circ 28'.2\,.$$

Hiermit erhält man für den in die Richtung der gemessenen Distanzen fallenden Betrag der Parallaxe von η Cassiopejae

$$\begin{aligned} xy:&\quad 0.9739\,\pi R \cos(\odot - 114^\circ 10'.9) \\ xz:&\quad 0.9592\,\pi R \cos(\odot - 290^\circ 13'.4) \end{aligned}$$

und für den Einfluss der Parallaxe auf die Summe und die Differenz dieser Distanzen

$$\begin{aligned} xy + xz:&\quad 0.0684\,\pi R \cos(\odot - 189^\circ 48'.1) \\ xz - xy:&\quad 1.9319\,\pi R \cos(\odot - 292^\circ 13'.0)\,. \end{aligned}$$

Die Wirkung der Parallaxe auf $xz - xy$ hat ihr Maximum am 12. Januar, ihr Minimum am 15. Juli.

Für die Correction der Summen der Distanzen wegen Parallaxe ist angenommen worden $\pi = 0''.3 = 0^p.0138$. Diese Correction beträgt im Maximum $0^p.0009$.

Bildet man unter Berücksichtigung der Gewichte die Mittelwerthe von $xy + xz$ und $xz - xy$, so erhält man

$$\begin{aligned} S_0 &= 306^p.8163 \\ D_0 &= 21.8535\,. \end{aligned}$$

Hieraus ergiebt sich für die Reduction der Grössen $xz - xy$ auf einen gemeinsamen Scalenwerth der Ausdruck

$$c_s = 0.0771\,(S_0 - S)\,.$$

Im Maximum erreicht derselbe den Betrag von $0^p.0019$.

Die vorher mitgetheilten Beobachtungen führen so zu den folgenden Werthen:

			xy	xz	$xy+xz$	$xz-xy+c_s$	
1887	Aug.	25	$142^{p}4897$	$164^{p}3198$	$306^{p}8088$	$21^{p}8307$	Gew. ½
		26	4741	3319	8053	8587	Gew. ½
		27	4843	3248	8084	8411	
		29	4730	3196	7919	8485	Gew. ½
	Sept.	9	4716	3231	7941	8532	
		17	4964	3364	8324	8387	
	Oct.	11	4720	3369	8088	8655	
		13	4707	3402	8109	8699	
		23	4767	3464	8232	8692	
		25	4781	3374	8157	8593	
		25	4885	3384	8271	8491	
		26	4826	3466	8294	8630	
	Dec.	17	4545	3404	7957	8875	Gew. ½
1888	Jan.	1	4690	3505	8204	8812	
		2	4821	3365	8195	8542	
		5	4699	3459	8167	8760	
	Febr.	6	4746	3533	8288	8777	
		13	4819	3493	8320	8662	
	April	15	4850	3339	8188	8487	
	Mai	22	4798	3305	8097	8512	
		24	4904	3355	8253	8444	
		25	4912	3287	8193	8373	Gew. ½
		27	4852	3222	8067	8377	
	Juni	1	4882	3337	8212	8451	
		25	4785	3205	7981	8434	
	Juli	5	4941	3343	8275	8393	
		9	4921	3216	8128	8298	Gew. ½
		15	4940	3337	8268	8389	
		17	4842	3170	8003	8340	
		18	4775	3194	7960	8435	
		22	4941	3313	8245	8366	
		24	4859	3191	8041	8341	
		26	4943	3365	8299	8411	
	Aug.	1	4904	3306	8201	8399	
	Oct.	5	4879	3365	8242	8480	
		6	4824	3387	8210	8559	
	Dec.	6	4801	3321	8130	8523	
1889	Jan.	2	4749	3391	8149	8643	
		3	4717	3393	8119	8679	
		6	4745	3426	8180	8680	
		12	4820	3453	8282	8624	
		14	4772	3461	8242	8683	Gew. ½
		15	4765	3445	8219	8676	
	Febr.	13	4716	3366	8090	8656	
	Juli	9	4835	3190	8016	8366	Gew. ½

Nimmt man für $D - D_0$ als Einheit $0^{p}0001$ an, so führen die vorstehenden Abendwerthe der auf gemeinsamen Scalenwerth redu-

cirten Differenzen der Distanzen zu den nachfolgenden Bedingungsgleichungen, die auf gleiches Gewicht gebracht sind.

Bedingungsgleichungen	v
$0.707\,x - 0.248\,e - 1.056\,a = -161$	$+116$
$0.707\,x - 0.246 - 1.041 = +37$	-81
$x - 0.345 - 1.450 = -124$	$+63$
$0.707\,x - 0.240 - 0.993 = -35$	-5
$x - 0.310 - 1.126 = -3$	-34
$x - 0.288 - 0.899 = -148$	$+130$
$x - 0.222 - 0.138 = +120$	-80
$x - 0.217 - 0.072 = +164$	-120
$x - 0.189 + 0.261 = +157$	-88
$x - 0.184 + 0.326 = +58$	$+17$
$x - 0.183 + 0.335 = -44$	$+119$
$x - 0.181 + 0.359 = +95$	-18
$0.707\,x - 0.028 + 1.202 = +240$	-114
$x + 0.003 + 1.863 = +277$	-87
$x + 0.005 + 1.869 = +7$	$+184$
$x + 0.013 + 1.885 = +225$	-34
$x + 0.101 + 1.723 = +242$	-69
$x + 0.120 + 1.612 = +127$	$+35$
$x + 0.290 - 0.136 = -48$	$+56$
$x + 0.391 - 1.256 = -23$	-67
$x + 0.396 - 1.306 = -91$	-4
$0.707\,x + 0.282 - 0.940 = -115$	$+47$
$x + 0.405 - 1.378 = -158$	$+57$
$x + 0.419 - 1.492 = -84$	-27
$x + 0.485 - 1.873 = -101$	-46
$x + 0.512 - 1.946 = -142$	-12
$0.707\,x + 0.370 - 1.385 = -168$	$+57$
$x + 0.539 - 1.962 = -146$	-11
$x + 0.545 - 1.960 = -195$	$+38$
$x + 0.548 - 1.957 = -100$	-56
$x + 0.558 - 1.943 = -169$	$+13$
$x + 0.564 - 1.931 = -194$	$+39$
$x + 0.570 - 1.918 = -124$	-31
$x + 0.586 - 1.867 = -136$	-16
$x + 0.764 - 0.310 = -55$	$+20$
$x + 0.766 - 0.277 = +24$	-57
$x + 0.934 + 1.521 = -12$	$+117$
$x + 1.007 + 1.874 = +108$	$+21$
$x + 1.010 + 1.879 = +144$	-15
$x + 1.018 + 1.891 = +145$	-16
$x + 1.035 + 1.900 = +89$	$+41$
$0.707\,x + 0.735 + 1.342 = +105$	-14
$x + 1.043 + 1.897 = +141$	-12
$x + 1.122 + 1.599 = +121$	-22
$0.707\,x + 1.076 - 1.385 = -119$	-35

Unter v sind die im Sinne »Rechn. — Beob.« nach Einführung der schliesslich gefundenen Werthe der Unbekannten in die Bedingungsgleichungen übrig bleibenden Fehler gleich mit aufgeführt worden.

Durch Einführung der neuen Unbekannten

$$y = 1.122\,e$$
$$z = 1.962\,\pi$$

und Annahme von 277 als Einheit für das unbenannte Glied sind die Bedingungsgleichungen homogen gemacht worden. Gleicht man sie dann nach der Methode der kleinsten Quadrate aus, so finden sich als Normalgleichungen

$$\begin{aligned} +40.9987\,x + 13.2193\,y - 3.7785\,z &= -0.0204 \\ +13.2193\,x + 11.5944\,y + 0.6780\,z &= -0.7278 \\ -3.7785\,x + 0.6780\,y + 24.8433\,z &= +13.6789. \end{aligned}$$

Hieraus gehen schliesslich die folgenden Werthe der Unbekannten hervor:

$$\begin{aligned} x &= +0\overset{r}{.}0037 \pm 0\overset{r}{.}00136 \\ e &= -0.0061 \pm 0.00255 \\ \pi &= +0.0082 \pm 0.00139 \end{aligned}$$

oder

$$\pi = +0\overset{''}{.}18 \pm 0\overset{''}{.}030.$$

Der m. F. einer Bedingungsgleichung von der Gewichtseinheit findet sich zu $\pm 0\overset{''}{.}15$.

2. μ Cassiopejae.

Die Achsen in der parallaktischen Ellipse von μ Cassiopejae haben zu einander das Verhältniss 100 : 68. Als Vergleichsterne wurden benutzt B.D. + 53°207 und B.D. + 54°241. Wegen der Schwäche des letzteren Objectes mussten die Messungen bei dunklem Felde ausgeführt werden; μ Cassiopejae wurde dabei immer mit Gitter 2 abgeblendet. Die Oerter der beiden Vergleichsterne wurden am Leipziger Meridiankreise bestimmt; eine ältere Bestimmung lag nur von dem ersteren derselben vor. Bezogen auf 1892.0 hat man für dieselben

		Epoche	
$y =$ B.D. $+ 53^\circ 207$ ($8^m 5$)			
$0^h 56^m 7^s.15$	$+ 53^\circ 40' 21''.1$	1877.4	A.G.C. Cambridge M. 471
7.17	19.8	1893.0	Leipzig M.K.
$z =$ B.D. $+ 54^\circ 241$ ($9^m 1$)			
$1^h 6^m 25^s.14$	$+ 55^\circ 10' 6''.7$	1893.0	Leipzig M.K.

Die beiden von y vorliegenden Bestimmungen wurden mit gleichem Gewichte zum Mittel vereinigt.

Für μ Cassiopejae habe ich nach Porter angenommen

$$x = 1^h 1^m 5^s.17 \quad + 54^\circ 23' 24''.6 \quad \text{m. Aeq. } 1892.0.$$

Für die Mitten der Distanzen ergiebt sich dann aus diesen Oertern

α_0	$14^\circ 38'.7$	$15^\circ 55'.9$
δ_0	$+54 \quad 1.9$	$+54 \quad 46.9$
p_0	$45 \quad 27.3$	$44 \quad 38.5$
Δ	$3683''.8 = 169^p.5$	$3938''.6 = 181^p.3$.

Legt man diese Werthe zu Grunde, so erhält man die nachstehende Tafel der mittleren Refraction, aus welcher der betreffende Betrag für die einzelnen Beobachtungszeiten durch einfache Interpolation entnommen wurde.

Mittlere Refraction.

t	xy	xz	t	xy	xz	t	xy	xz
$2^h 50^m$		$0^p.0582$	$5^h 20^m$	$0^p.0949$	$0^p.0994$	$17^h 40^m$	$0^p.0484$	$0^p.0516$
			30	0997	1045	50	0488	0520
3 0	$0^p.0563$	0595	40	1050	1098			
10	0577	0610	50	1106	1156	18 0	0492	0523
20	0593	0626				10	0495	0527
30	0610	0644	6 0	1166	1218	20	0499	0531
40	0629	0664	10	1231	1285	30	0502	0534
50	0651	0686	20	1301	1356	40	0505	0538
			30	1375	1433	50	0507	0541
4 0	0674	0710	40	1455				
10	0699	0736	50	1539		19 0	0510	0543
20	0726	0764				10	0512	0545
30	0756	0795	7 0	1629		20	0513	0547
40	0789	0829				30	0514	0549
50	0824	0865	17 0	0473		40	0515	0550
			10	0475		50	0516	
5 0	0863	0905	20	0478	0509			
10	0904	0948	30	0481	0512	20 0	0516	

Für die in Scalentheilen ausgedrückte Correction wegen Aberration hat man

$$xy: (6.6134) C - (6.6693) D \text{ und } xz: (6.6538) C - (6.6878) D,$$

wo C und D die BESSEL'schen Tagesconstanten sind.

Die Eigenbewegung von μ Cass. habe ich nach PORTER angenommen zu $+0^s\!.389 \quad -1''\!.57$. Im Bogen grössten Kreises ist dies $3''\!.743$. Der Positionswinkel der Eigenbewegung ist für 1892.0 $114°48'$. Die an die gemessenen Distanzen anzubringenden Correctionen wegen Eigenbewegung sind pro Jahr

$$xy: -0''\!06221 \quad \text{und} \quad xz: +0''\!05694.$$

Als Reductionsepoche ist 1892.0 angenommen worden.

In der nachstehenden Zusammenstellung der Beobachtungen ist Σc immer mit positivem Zeichen zu nehmen.

Die gemessenen Distanzen zwischen μ Cassiopejae und den Vergleichsternen y und z.

1890	Θ	G	Oes	P	R	S	K	$K-S$	Δ_y	Σc	RE	Δ_z	
Juli 27	19h52m9	f	10.10	II	2—3	2	+ 15°0	— 2°1	169"4364	336	+ 889	169"5589	
	20 10.1				2	2	+ 14.8	— 2.2	181.1655	360	— 814	181.1201	
	20 28.9			I	3—2	2—3	+ 14.5	— 2.3	181.1691	304	— 814	181.1241	
	20 45.9				2—3	2—3	+ 14.2	— 2.3	169.4314	347	+ 889	169.5550	
1891													
Jan. 29	6 42.9	v	10.00	I	2—3	3—2	+ 1.2	— 1.5	169.4006	929	+ 572	169.5507	
	7 4.2				2—3	2—3	+ 1.0	— 1.6	181.0924	1071	— 524	181.1471	
	7 24.8			II	2—3	3—2	+ 0.8	— 1.6	181.0857	1222	— 524	181.1555	
	7 47.9				2—3	3—2	+ 0.5	— 1.7	169.3651	1413	+ 572	169.5636	
Febr. 1	5 52.5	v	10.00	I	2	2	+ 2.1	— 1.2	181.1218	697	— 519	181.1396	
	6 15.1				2	2	+ 1.6	— 1.4	169.4123	782	+ 567	169.5472	
	6 39.8			II	2	2	+ 1.6	— 1.5	169.4081	608	+ 567	169.5556	
	6 57.2				2	2	+ 1.5	— 1.6	181.1067	1022	— 519	181.1570	
8	5 28.8	v	10.00	II	2	2	— 1.2	— 1.9	169.4188	622	+ 556	169.5366	
	5 49.9				2	2	— 1.4	— 2.0	181.1241	707	— 508	181.1440	
	6 12.0			I	2	2	— 1.6	— 2.1	181.1067	803	— 508	181.1362	
	6 32.5				2	2	— 1.0	— 2.2	169.4067	897	+ 556	169.5520	
9	4 2.4	v	10.00	II	2	2—3	— 2.5	— 1.4	181.1336	459	— 507	181.1288	a)
	4 20.8				2	2—3	— 2.8	— 1.6	169.4432	472	+ 554	169.5458	a)
	4 40.5			I	2	2	— 3.2	— 1.9	169.4444	509	+ 554	169.5507	a)
	5 4.5				2	2—3	— 3.6	— 2.1	181.1301	581	— 507	181.1375	
10	6 10.3	v	10.00	II	2	2	— 2.8	— 2.0	169.4071	796	+ 552	169.5419	
	6 31.7				2—3	2—3	— 3.1	— 2.2	181.1024	914	— 505	181.1433	
	6 58.6			I	2	2—3	— 3.5	— 2.5	181.0901	1074	— 505	181.1470	
	7 20.1				2	2—3	— 3.8	— 2.7	169.3702	1219	+ 552	169.5473	

a) Luft sehr undurchsichtig: Messungen sehr anstrengend für das Auge.

1891	Θ	G	Ocs	P	R	S	K	K—S	Δ_g	Σr	RE	Δ_r	
Juli 21	19h46m7	f	10.31	I	2	2	+ 16°3	— 2°7	169"4989	202	+ 277	169"5468	
	20 5.8				2	2	+ 16.0	— 2.8	181.1242	217	— 254	181.1205	
	20 24.0			II	2—3	2—3	+ 15.7	— 2.8	181.1243	223	— 254	181.1212	
	20 45.0				2	2	+ 15.4	— 2.8	169.5056	215	+ 277	169.5548	
25	18 14.6	f	10.29	I	2—3	2—3	+ 15.0	— 1.6	169.4995	218	+ 271	169.5484	
	18 38.1				3—2	2—3	+ 14.3	— 2.0	181.1296	235	— 248	181.1283	b
29	18 19.6	f	10.29	I	2—3	2—3	+ 15.0	— 2.0	169.5084	210	+ 264	169.5558	
	18 38.8				2—3	3—2	+ 14.5	— 2.3	181.1299	225	— 241	181.1283	
	18 57.6			II	2—3	2—3	+ 14.1	— 2.5	181.1251	231	— 241	181.1241	
	19 15.0				2	2	+ 13.7	— 2.7	169.4974	226	+ 264	169.5464	
Aug. 5	19 23.9	f	10.29	I	3	3—2	+ 13.9	— 2.2	181.1434	248	— 231	181.1451	
	19 43.8				2—3	2—3	+ 13.5	— 2.3	169.5099	243	+ 252	169.5594	
	20 2.5			II	3—2	2—3	+ 13.2	— 2.4	169.5088	247	+ 252	169.5587	
	20 21.3				3—2	3—2	+ 12.8	— 2.5	181.1576	206	— 231	181.1611	
17	19 40.7	f	10.20	I	2	2	+ 15.4	— 2.1	169.5049	301	+ 232	169.5582	
	19 58.2				2—3	3	+ 15.0	— 2.3	181.1126	324	— 212	181.1238	
	20 22.2			II	2—3	2—3	+ 14.5	— 2.6	181.1209	327	— 212	181.1324	
	20 40.9				2	2	+ 14.1	— 2.9	169.5024	306	+ 232	169.5562	
18	19 5.0	f	10.20	I	2	3—2	+ 17.2	— 1.6	169.5089	283	+ 230	169.5602	
	19 21.5				2	3	+ 16.7	— 1.8	181.1146	305	— 211	181.1240	
	19 39.9			II	2	3—2	+ 16.2	— 2.1	181.1104	310	— 211	181.1203	
	19 56.2				2	2—3	+ 15.7	— 2.3	169.5007	296	+ 230	169.5533	
1892 Jan. 18	5 6.2	v	9.90	I	3—2	2—3	— 5.1	— 1.4	169.5018	668	— 30	169.5656	c
	5 32.0				2—3	2—3	— 5.4	— 1.6	181.0732	766	+ 28	181.1526	c
	6 0.0			II	3—2	3	— 5.7	— 1.8	181.0911	873	+ 28	181.1812	c
	6 21.0				2—3	2—3	— 6.0	— 2.0	169.4713	950	— 30	169.5633	c
Febr. 15	4 39.6	v	9.94	I	2	2—3	— 3.1	— 2.0	169.5007	538	— 78	169.5467	
	5 6.0				2	2—3	— 3.7	— 2.5	181.0733	611	+ 71	181.1415	d
16	4 16.5	v	9.90	I	2	3—2	— 3.3	— 1.4	169.5086	538	— 80	169.5544	
	4 42.3				2	2	— 3.9	— 1.9	181.0967	602	+ 73	181.1642	
	5 3.3			II	2	2	— 4.5	— 2.3	181.0859	646	+ 73	181.1578	
	5 24.0				2	2	— 5.0	— 2.6	169.4913	688	— 80	169.5521	
21	5 12.3	v	10.10	I	2	2—3	+ 6.0	0.0	181.0867	465	+ 81	181.1413	e
	5 31.6				2	2—3	+ 5.3	— 0.4	169.5228	517	— 88	169.5657	e
	5 59.5			II	2	2—3	+ 4.3	— 1.1	169.4984	615	— 88	169.5511	e
	6 24.4				2	3	+ 3.4	— 1.7	181.0790	723	+ 81	181.1594	e
24	4 43.8	v	10.10	I	2—3	3—2	+ 6.9	— 0.9	181.0940	377	+ 85	181.1402	
	5 2.8				2	2—3	+ 6.4	— 1.2	169.5285	416	— 93	169.5608	
	5 22.8			II	2	2—3	+ 5.9	— 1.5	169.5193	471	— 93	169.5571	
	5 44.4				3—2	3—2	+ 5.3	— 1.8	181.1017	544	+ 85	181.1646	
März 3	5 35.0	v	9.90	I	2	2—3	— 4.0	— 1.9	169.4769	760	— 107	169.5422	
	5 52.2				2	2—3	— 4.4	— 2.0	181.0606	844	+ 98	181.1548	
	6 13.9			II	2—3	3—2	— 4.8	— 2.2	181.0592	938	+ 98	181.1628	
	6 31.0				2—3	3—2	— 5.2	— 2.4	169.4634	1007	— 107	169.5534	

b) Zuletzt Wolken; dann total trübe.

c) Messungen recht schwierig: Güte der Beobachtungen sehr fraglich.

d) Am Schlusse trübe.

e) Dunstig, namentlich am Schlusse.

1892	Θ	G	Oes	P	B	S	K	K − S	Δ_g	Σc	BE	Δ_r	
Juli 27	19ʰ14ᵐ.2	f	10.29	I	2—3	3—2	+ 17″8	— 3″7	169″5718	184	— 356	169″5546	
	19 34.6				2—3	3—2	+ 17.6	— 3.5	181.0838	204	+ 326	181.1368	
	19 54.9			II	2—3	2—3	+ 17.4	— 3.3	181.0829	216	+ 326	181.1371	
	20 15.5				2—3	3—2	+ 17.1	— 3.1	169.5761	214	— 356	169.5619	
28	19 22.4	f	10.30	I	3—2	3—2	+ 20.4	— 2.9	181.0897	181	+ 327	181.1405	
	19 39.9				2—3	2—3	+ 20.1	— 2.9	169.5732	182	— 358	169.5556	
	20 1.7			II	2—3	3—2	+ 19.7	— 2.8	169.5684	190	— 358	169.5516	
	20 20.9				2—3	2—3	+ 19.4	— 2.8	181.0794	206	+ 327	181.1327	
29	19 3.4	f	10.30	I	2	2	+ 21.2	— 3.2	169.5738	157	— 359	169.5536	
	19 20.8				2	2—3	+ 20.8	— 3.2	181.0802	172	+ 329	181.1303	
	19 44.2			II	2—3	2—3	+ 20.4	— 3.2	181.0918	184	+ 329	181.1431	
	20 4.8				2—3	2—3	+ 20.0	— 3.2	169.5669	182	— 359	169.5492	
Aug. 5	19 10.3	f	10.20	I	2	2	+ 13.5	— 2.6	169.5709	307	— 371	169.5645	
	19 30.6				2	2	+ 13.0	— 2.8	181.0644	333	+ 340	181.1317	} f
	19 53.5			II	2	2	+ 12.5	— 3.0	181.0600	340	+ 340	181.1370	
	20 12.4				2	2	+ 11.9	— 3.2	169.5720	325	— 371	169.5674	
8	18 56.6	f	10.30	II	2	2—3	+ 18.9	— 1.9	169.5699	185	— 376	169.5511	
	19 12.0				2	2	+ 18.7	— 1.9	181.0616	204	+ 345	181.1165	} f
	19 32.0			I	2	2—3	+ 18.3	— 2.0	181.0817	213	+ 345	181.1375	
	19 45.6				2	2	+ 18.1	— 2.0	169.5647	208	— 376	169.5479	

f) Mondschein.

Für die Richtungen von μ Cass. nach den Vergleichsternen hat man als Positionswinkel an μ Cass.

$$xy:\ 225^\circ 57'.8 \qquad xz:\ 44^\circ 6'.2\,.$$

Die in diese Richtungen fallenden Componenten der Parallaxe sind

$$xy:\quad 0.9880\,\pi\,R\cos(\odot - 138^\circ\ 1'.5)$$
$$xz:\quad 0.9841\,\pi\,R\cos(\odot - 319^\circ 20'.3)\,.$$

Hieraus ergiebt sich für den Betrag der Parallaxe in der Summe und in der Differenz der gemessenen Distanzen

$$xy + xz:\quad 0.0229\,\pi\,R\cos(\odot - \ \ 58^\circ 24'.4)$$
$$xz - xy:\quad 1.9720\,\pi\,R\cos(\odot - 318^\circ 40'.8)\,.$$

Maximum und Minimum des grössten Einflusses der Parallaxe auf die Differenz der Distanzen findet um den 7. Februar und den 10. August herum statt.

Eine Verbesserung der Summen der Distanzen wegen Parallaxe hat nicht stattgefunden; die betreffende Correction erreicht im Maximum noch nicht einmal den Betrag von 0″0001. Bildet man unter

Berücksichtigung der Gewichtsverschiedenheit die Mittel aus den Summen und Differenzen der gemessenen Distanzen, so findet sich

$$S_0 = 350^p6943$$
$$D_0 = \quad 11.5865.$$

Für die Reduction der Differenzen der Distanzen auf gleichen Scalenwerth erhält man hiermit $c_s = 0.0330 (S_0 - S)$. Das Maximum von c_s beträgt 0^p0013.

Nachfolgend sind die Abendmittel der einzelnen gemessenen Distanzen nebst ihren Summen und ihren auf gleichen Scalenwerth bezogenen Differenzen zusammengestellt.

			xy	xz	$xy + xz$	$xz - xy + c_s$	
1890	Juli	27	169^{p}5569	181^{p}1221	350^{p}6790	11^{p}5657	
1891	Jan.	29	5571	1513	7084	5937	
	Febr.	1	5514	1483	6997	5967	
		8	5443	1401	6844	5961	
		9	5482	1331	6813	5853	
		10	5446	1451	6897	6007	
	Juli	21	5508	1208	6716	5707	
		25	5484	1283	6767	5805	Gew. ½
		29	5511	1262	6773	5757	
	Aug.	5	5590	1531	7121	5935	
		17	5572	1281	6853	5712	
		18	5567	1221	6788	5659	
1892	Jan.	18	5644	1690	7334	6033	
	Febr.	15	5467	1415	6882	5950	Gew. ½
		16	5532	1610	7142	6071	
		21	5584	1503	7087	5914	
		24	5589	1524	7113	5929	
	März	3	5478	1588	7066	6106	
	Juli	27	5582	1369	6951	5787	
		28	5536	1366	6902	5831	
		29	5514	1367	6881	5855	
	Aug.	5	5659	1343	7002	5682	
		8	5495	1270	6765	5781	

Nimmt man 0^p0001 als Einheit für $D - D_0$, so liefern die Werthe von $xz - xy + c_s$ die folgenden auf gleiches Gewicht gebrachten Bedingungsgleichungen:

Bedingungsgleichungen	v
$x - 1.429e - 1.944\pi = -208$	$+32$
$x - 0.920 + 1.919 = +72$	$+11$
$x - 0.912 + 1.933 = +102$	-17
$x - 0.893 + 1.945 = +96$	-9
$x - 0.890 + 1.945 = -12$	$+99$
$x - 0.887 + 1.944 = +142$	-55
$x - 0.446 - 1.885 = -158$	$+39$
$0.707\,x - 0.308 - 1.360 = -42$	-44
$x - 0.424 - 1.956 = -108$	-14
$x - 0.405 - 1.991 = +70$	-194
$x - 0.373 - 1.985 = -153$	$+31$
$x - 0.370 - 1.981 = -206$	$+85$
$x + 0.049 + 1.819 = +168$	-37
$0.707\,x + 0.088 + 1.365 = +60$	$+40$
$x + 0.128 + 1.925 = +206$	-65
$x + 0.142 + 1.893 = +49$	$+90$
$x + 0.150 + 1.868 = +64$	$+74$
$x + 0.172 + 1.773 = +241$	-107
$x + 0.572 - 1.948 = -78$	$+10$
$x + 0.575 - 1.955 = -34$	-34
$x + 0.577 - 1.962 = -10$	-59
$x + 0.597 - 1.992 = -183$	$+113$
$x + 0.605 - 1.997 = -84$	$+15$

Durch Einführung von 241 als Einheit für n und durch die Substitutionen

$$y = 1.429e$$
$$z = 1.997\pi$$

erhält man, wenn man die obigen Bedingungsgleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgleicht, die Normalgleichungen

$$+21.9996\,x - 3.1750\,y - 1.3154\,z = -0.0472$$
$$-3.1750\,x + 4.3207\,y - 2.1142\,z = +0.1133$$
$$-1.3154\,x - 2.1142\,y + 20.5873\,z = +9.3747.$$

Hieraus gehen die nachfolgenden Werthe der ursprünglichen Unbekannten hervor:

$$x = +0\overset{s}{.}0018 \pm 0\overset{s}{.}00172$$
$$e = +0.0054 \pm 0.00397 \qquad \Sigma vv = 0.001138$$
$$\pi = +0.0060 \pm 0.00172$$

oder

$$\pi = +0\overset{''}{.}13 \pm 0\overset{''}{.}037\,.$$

Der m. F. einer Bedingungsgleichung von der Gewichtseinheit ergiebt sich zu $\pm 0\overset{\text{P}}{.}00754 = \pm 0\overset{''}{.}16$.

Da die Coëfficienten von π in den einzelnen Bedingungsgleichungen innerhalb der nämlichen Beobachtungsperiode sehr nahe gleichen Werth haben, habe ich des weiteren die der gleichen Periode angehörigen Abendwerthe zu Normalorten zusammengezogen. Der erste isolirt stehende Abend (1890 Juli 27) ist dabei fortgelassen worden. Man erhält dann die folgenden neuen Bedingungsgleichungen:

$$\begin{aligned} x - 0.90\,e + 1.94\,\pi &= +\ \ 80 \\ 0.95\,x - 0.39\,e - 1.86\,\pi &= -\ \ 99 \\ 0.95\,x + 0.12\,e + 1.77\,\pi &= +131 \\ x + 0.58\,e - 1.97\,\pi &= -\ \ 78. \end{aligned}$$

Die Ausgleichung derselben nach den Substitutionen

$$\begin{aligned} y &= 0.90\,e \\ z &= 1.97\,\pi \end{aligned}$$

und Einführung von 131 als Einheit für die rechten Seiten führt zu den Normalgleichungen

$$\begin{aligned} +3.8048\,x - 0.6406\,y - 0.0586\,z &= +0.2475 \\ -0.6406\,x + 1.6211\,y - 1.1001\,z &= -0.5336 \\ -0.0586\,x - 1.1001\,y + 3.6680\,z &= +2.8084. \end{aligned}$$

Hieraus folgt schliesslich

$$\begin{aligned} x &= +0\overset{\text{P}}{.}0017 \pm 0\overset{\text{P}}{.}00091 \\ e &= +0.0044 \pm 0.00157 \\ \pi &= +0.0057 \pm 0.00101 \end{aligned}$$

oder

$$\pi = +0\overset{''}{.}12 \pm 0\overset{''}{.}022.$$

Der m. F. eines Normalortes findet sich zu

$$\pm 0\overset{\text{P}}{.}00170 = \pm 0\overset{''}{.}037.$$

Die einzelnen Normalorte lassen im Sinne »Rechn. — Beob.« die Fehler übrig

$$+0\overset{\text{P}}{.}0008 \qquad -0\overset{\text{P}}{.}0008 \qquad -0\overset{\text{P}}{.}0009 \qquad +0\overset{\text{P}}{.}0009\,.$$

3. Lalande 15290.

Der Stern Lalande 15290 ist wenig schwächer als 8. Grösse; die Bonner Durchmusterung giebt ihn zu $8^m.2$ an. Die Ellipse, die er beim Vorhandensein einer Parallaxe im Laufe des Jahres um seinen mittleren Ort beschreiben muss, besitzt eine sehr grosse Excentricität; ihre Achsen verhalten sich zu einander wie 100 : 17. Um brauchbare Messungen zu erhalten, müssen die Vergleichsterne daher sehr nahe der Richtung der grossen Achse dieser Ellipse liegen. Zwei dieser Bedingung entsprechende Sterne, die etwa 1° von Lal. 15290 entfernt stehen, sind B.D. + 31°1648 und B.D. + 30°1620. Diese beiden sind als Vergleichsterne benutzt worden. Der nördlichere von ihnen hat die Grösse 8.5, der südlichere die Grösse 8.7. Die Beobachtungen konnten bei schwach erhelltem Felde angestellt werden; eine Abblendung von Lal. 15290 erfolgte nicht.

Es liegen die folgenden Meridianbestimmungen der Vergleichsterne, bezogen auf 1893.0, vor:

		Epoche	
y = B.D. + 31°1648			
$7^h41^m58^s.44$	+ 31°10′31″.9	1798.2	Lalande 15129
58.72	28.0	1825	Weisse 1146
58.37	30.9	1868.2	Paris 9536
58.50	30.1	1875.0	Hamburg (A.N. Bd. 86 pg. 109)
z = B.D. + 30°1620			
$7^h51^m13^s.27$	+ 30°45′ 8″.2	1825	Weisse 1376.

Gerechnet wurde mit

$$y = 7^h41^m58^s.43 \quad + 31°10'30''.5 \quad \tfrac{1}{2}\,(\text{Paris} + \text{Hamburg})$$
$$z = 7\;51\;13.27 \quad + 30\;45\;\;8.2 \quad \text{Weisse.}$$

Für Lal. 15290 habe ich nach PORTER angenommen

$$x = 7^h46^m42^s.89 \quad + 30°56'\;5''.0 \quad \text{m. Aeq. 1893.0.}$$

Mit diesen Oertern erhält man für die Mitten der Distanzen

	xy	xz
α_0	116° 5′.2	117°14′.5
δ_0	+ 31 3.4	+ 30 50.7
p_0	103 19.0	100 40.6
Δ	3756″.4 = 172^p.9	3543″.5 = 163^p.1 .

Die mittlere Refraction wurde der nachfolgenden Tafel entnommen.

Mittlere Refraction.

t	xy	xz	t	xy	xz	t	xy	xz
$0^h\ 0^m$	0^p0487	0^p0458	$3^h\ 0^m$	0^p0568	0^p0548	$22^h\ 0^m$	0^p0583	0^p0543
10	0485	0456	10		0561	10	0569	0530
20	0484	0456				20	0556	0518
30	0484	0456	19 30		1005	30	0544	0508
40	0484	0457	40		0949	40	0534	0499
50	0485	0458	50		0898	50	0525	0490
1 0	0487	0460	20 0	0925	0852	23 0	0516	0483
10	0489	0463	10	0879	0810	10	0509	0477
20	0493	0467	20	0837	0773	20	0503	0471
30	0497	0471	30	0800	0739	30	0498	0467
40	0501	0476	40	0765	0708	40	0493	0463
50	0507	0482	50	0734	0680	50	0490	0460
2 0	0513	0489	21 0	0706	0654			
10	0520	0496	10	0680	0631			
20	0528	0505	20	0657	0610			
30	0537	0514	30	0636	0591			
40	0546	0524	40	0616	0573			
50	0557	0535	50	0599	0557			

Die Correction wegen Aberration wurde berechnet nach den Ausdrücken

$$xy:\ (6.9204)\,C + (6.4994)\,D \quad \text{und} \quad xz:\ (6.8917)\,C + (6.4923)\,D.$$

Die logarithmischen Coëfficienten der Bessel'schen Tagesconstanten sind in Scalentheilen angesetzt.

Die Eigenbewegung von Lal. 15290 wurde nach Porter angenommen zu $+0^s057$ und $-1''83$. Im Bogen grössten Kreises beträgt dieselbe $1''971$. Für 1893.0 ist ihr Positionswinkel $158^\circ 10'$. Um die gemessenen Distanzen auf 1893.0 zu reduciren, sind an dieselben die Correctionen anzubringen

$$xy:\ -0^p05263\,t \qquad xz:\ +0^p04838\,t.$$

t ist in Jahren ausgedrückt und wird von 1893.0 an gezählt.

In der nächsten Tabelle ist die Zusammenstellung der Beobachtungen gegeben. Σc hat überall das positive Zeichen.

Die gemessenen Distanzen zwischen Lalande 15290 und den Vergleichsternen y und z.

1892	Θ	G	Ocs	P	R	S	K	K—S	Δ_g	Σc	BE	Δ_r	
März 25	9ʰ 3ᵐ.2	v	10.10	II	2	3—2	+ 5".6	— 1".3	172".7721	171	+ 404	172".8296	
	9 26.9				2	3—2	+ 5.1	— 1.6	162.8660	171	— 371	162.8460	
	9 50.7			I	2	3	+ 4.7	— 1.9	162.8709	184	— 371	162.8522	
	10 14.0				3—2	3	+ 4.2	— 2.2	172.7583	210	+ 404	172.8197	
26	9 40.0	v	10.20	II	2	3	+ 9.8	— 1.2	162.8734	70	— 370	162.8434	
	9 57.1				2	2—3	+ 9.6	— 1.2	172.7749	84	+ 402	172.8235	a
	10 15.4			I	2	2	+ 9.5	— 1.1	172.7696	102	+ 402	172.8200	
	10 31.5				2	2	+ 9.4	— 1.1	162.8529	118	— 370	162.8277	
30	9 13.0	v	10.10	I	2—3	3—2	+ 4.9	— 1.6	162.8590	171	— 365	162.8396	
	9 32.8				2—3	2—3	+ 4.4	— 1.9	172.7441	188	+ 397	172.8026	
	9 55.0			II	2—3	2—3	+ 3.7	— 2.1	172.7564	205	+ 397	172.8166	
	10 18.9				2—3	2—3	+ 3.0	— 2.4	162.8651	217	— 365	162.8503	
April 3	9 43.9	v	10.20	II	2	2	+ 12.1	— 1.3	162.8632	59	— 359	162.8332	
	10 1.4				2	2	+ 11.5	— 1.5	172.7784	74	+ 390	172.8248	b
	10 21.3			I	2	3—2	+ 11.0	— 1.7	172.7736	91	+ 390	172.8217	
	10 38.8				2—3	2—3	+ 10.4	— 1.8	162.8581	112	— 359	162.8334	
9	9 28.8	v	10.10	II	2—3	3—2	+ 7.0	— 2.5	172.7691	148	+ 382	172.8221	
	9 44.5				2—3	3—2	+ 6.6	— 2.7	162.8654	150	— 351	162.8453	c
	10 1.2			I	2—3	2—3	+ 6.2	— 2.8	162.8594	165	— 351	162.8408	
	10 17.2				2	2	+ 5.7	— 2.9	172.7636	186	+ 382	172.8204	
10	9 27.1	v	10.10	I	2—3	2—3	+ 9.7	— 2.2	162.8621	122	— 350	162.8393	
	9 43.4				2	2—3	+ 9.3	— 2.3	172.7662	138	+ 381	172.8181	b
	10 1.2			II	2	3—2	+ 9.0	— 2.4	172.7718	152	+ 381	172.8251	
	10 19.6				2—3	3	+ 8.6	— 2.5	162.8613	164	— 350	162.8427	
11	9 37.1	v	10.20	II	2—3	2	+ 11.6	— 2.2	172.7758	33	+ 379	172.8170	
	9 53.2				2	2	+ 11.2	— 2.3	162.8718	47	— 349	162 8416	b
	10 12.2			I	2	2	+ 10.7	— 2.4	162.8736	64	— 349	162.8451	
	10 27.6				2	2	+ 10.2	— 2.5	172.7696	78	+ 379	172.8153	
Oct. 4	4 34.2	f	10.10	II	2	2—3	+ 7.1	— 2.2	172.7300	711	+ 125	172.8136	
	4 50.2				2	3—2	+ 6.9	— 2.2	162.7888	631	— 115	162.8404	b
	5 11.5			I	2—3	3	+ 6.5	— 2.1	162.7902	588	— 115	162.8375	
	5 31.4				3—2	3	+ 6.2	— 2.0	172.7361	590	+ 125	172.8076	
20	3 27.5	v	10.00	I	2	3	0.0	— 2.7	162.7275	1079	— 94	162.8260	
	3 59.3				2	2—3	— 0.1	— 2.7	172.7266	980	+ 103	172.8349	
	4 19.9			II	2	2	— 0.2	— 2.6	172.7294	902	+ 103	172.8299	
	4 47.8				2	3	— 0.4	— 2.5	162.7794	773	— 94	162.8473	
24	4 56.9	v	10.00	II	2	3—2	+ 0.1	— 2.7	172.7320	781	+ 97	172 8198	
	5 17.2				2	2—3	0.0	— 2.6	162.7810	696	— 89	162.8417	
	5 39.6			I	2	2	0.0	— 2.5	162.7816	659	— 89	162.8386	
	5 57.0				2	2	0.0	— 2.4	172.7398	675	+ 97	172.8170	
26	5 6.4	v	10.00	I	2	2	— 1.6	— 3.2	172.7287	772	+ 94	172.8153	
	5 25.4				2	2	— 1.7	— 2.9	162.7721	697	— 86	162.8332	
	5 45.8			II	2	3—2	— 1.8	— 2.7	162.7858	666	— 86	162.8438	
	6 7.5				2—3	3—2	— 1.9	— 2.3	172.7429	684	+ 94	172.8207	

a) Die Sterne erschienen im Anfange sehr schwach, die Feldbeleuchtung war daher nur sehr schwach.

b) Mondschein.

c) Bilder recht schwach, wahrscheinlich in Folge reflectirten Mondlichtes.

1893	Θ	G	Ocs	P	R	S	K	K—S	$\varDelta_g$	Σc	RE	$\varDelta_r$	
März 12	8h 38m.6	v	10.10	II	3—2	3—2	+ 7°.5	— 1°.3	172r.8162	163	— 103	172r.8222	
	8 58.5				3—2	3	+ 7.4	— 1.1	162.8095	166	+ 95	162.8356	d
23	8 20.2	v	10.10	II	2	2—3	+ 9.2	— 0.9	172.8079	147	— 119	172.8107	
	8 38.6				2	2—3	+ 8.9	— 1.1	162.8135	139	+ 109	162.8383	e
	8 58.9			I	2	2	+ 8.6	— 1.2	162.8206	145	+ 109	162.8460	
	9 23.5				2	2	+ 8.2	— 1.4	172.8037	162	— 119	172.8080	
24	8 5.9	v	10.10	II	2	2	+ 10.1	— 1.5	162.8146	124	+ 111	162.8381	
	8 23.2				2	2	+ 9.8	— 1.5	172.8107	131	— 121	172.8117	f
	8 41.5			I	2	2	+ 9.6	— 1.6	172.8143	134	— 121	172.8156	
	8 59.6				2	2	+ 9.3	— 1.6	162.8149	135	+ 111	162.8395	
25	8 42.0	v	10.00	I	2	2	+ 4.3	— 2.3	162.8140	231	+ 112	162.8483	
	8 58.9				2	2	+ 4.0	— 2.3	172.8144	251	— 122	172.8273	g
	9 18.1			II	2	2	+ 3.8	— 2.4	172.8063	259	— 122	172.8200	
	9 36.5				2	2—3	+ 3.6	— 2.4	162.8197	258	+ 112	162.8567	
27	8 29.3	v	10.10	I	2—3	2—3	+ 4.1	— 2.7	172.8067	152	— 125	172.8094	
	8 47.8				2—3	3—2	+ 3.8	— 2.7	162.8207	149	+ 115	162.8471	h
	9 10.7			II	2	3—2	+ 3.4	— 2.8	162.8180	158	+ 115	162.8453	
	9 28.0				2	3—2	+ 3.1	— 2.9	172.8090	176	— 125	172.8141	
April 5	9 15.2	v	10.11	I	2	2	+ 9.6	— 1.9	172.8178	125	— 138	172.8165	
	9 30.1				2—3	2	+ 9.3	— 1.9	162.8148	128	+ 127	162.8403	
	9 49.6			II	2	2	+ 8.9	— 2.0	162.8156	143	+ 127	162.8426	
	10 16.6				3—2	2—3	+ 8.5	— 2.0	172.8229	175	— 138	172.8266	
7	9 36.9	v	10.20	II	2	2—1	+ 12.7	— 1.7	162.8227	43	+ 129	162.8399	
	9 56.2				2	2—1	+ 12.3	— 1.9	172.8266	56	— 141	172.8181	
	10 15.1			I	2	2—1	+ 11.9	— 2.0	172.8254	72	— 141	172.8185	
	10 31.2				2—1	1—2	+ 11.6	— 2.1	162.8294	89	+ 129	162.8512	
10	9 35.5	v	10.15	I	2—1	2—1	+ 12.2	— 2.4	162.8275	69	+ 133	162.8477	
	9 53.5				2—1	2—1	+ 11.9	— 2.6	172.8214	84	— 145	172.8153	
	10 13.1			II	2—1	2—1	+ 11.5	— 2.7	172.8207	102	— 145	172.8164	
	10 28.8				2—1	2—1	+ 11.2	— 2.8	162.8258	116	+ 133	162.8507	
1894 Jan. 2	4 26.4	f	9.90	II	2	2	— 8.1	— 2.3	172.7738	909	— 529	172.8118	
	5 5.3				2—3	2—3	— 9.3	— 3.1	162.7191	749	+ 486	162.8426	i
10	4 23.6	f	9.90	II	2	3—2	— 6.6	— 1.7	172.7798	886	— 541	172.8143	
	4 51.5				2	3—2	— 6.7	— 1.8	162.7167	756	+ 497	162.8420	k
11	4 35.0	f	9.90	II	2—3	2—3	— 7.6	— 2.2	172.7841	843	— 543	172.8141	
	4 58.4				2—3	3—2	— 7.8	— 2.2	162.7156	737	+ 499	162.8392	
	5 19.0			I	2	2	— 8.0	— 2.3	162.7174	692	+ 499	162.8365	
	5 36.6				2	2	— 8.2	— 2.3	172.8000	699	— 543	172.8156	
13	4 29.2	f	10.00	II	3	2—3	— 3.6	— 2.0	162.7286	708	+ 502	162.8496	
	4 48.8				2—3	2	— 3.9	— 2.0	172.7941	693	— 546	172.8088	l
	5 9.1			I	2—3	3	— 4.3	— 2.1	172.8120	643	— 546	172.8217	
	5 39.0				2—3	3—2	— 4.9	— 2.1	162.7381	556	+ 502	162.8439	

d) Bilder werden sehr verwaschen, daher abgebrochen.
e) Mondschein recht störend.
f) Mondschein.
g) Mond sehr nahe.
h) Mondschein, leichte Wolken.
i) Trübe.
k) Beleuchtung versagt.
l) Mondschein, Bilder sehr variabel, nebelig.

1894	Θ	G	Oc.	P	R	S	A	A − S	Δ_g	Σ	RE	Δ_r	
Febr. 20	$5^h 34^m.1$	f	10.00	II	2	1—2	— 3°.4	— 2°.3	162".7418	453	+ 551	162".8422	m)
	5 51.3				2	2—1	— 3.5	— 2.3	172.8246	451	— 600	172.8097	
	6 10.4			I	2	2	— 3.7	— 2.3	172.8265	426	— 600	172.8091	
	6 26.5				2	2	— 3.8	— 2.3	162.7348	387	+ 551	162.8286	
22	7 26.8	f	10.00	II	2—3	2—3	— 3.3	— 2.1	162.7413	338	+ 554	162.8305	n)
	7 47.8				2—3	2	— 3.5	— 2.2	172.8332	351	— 603	172.8080	
	8 11.2			I	2—3	3	— 3.8	— 2.2	172.8385	351	— 603	172.8133	
	8 32.5				2—3	2—3	— 4.0	— 2.3	162.7522	334	+ 554	162.8410	
März 22	8 54.2	v	10.10	II	2	2	+ 5.3	— 1.5	172.8651	175	— 644	172.8182	o)
	9 16.4				2	2	+ 4.9	— 1.7	162.7545	175	+ 592	162.8312	
	9 43.4			I	2	2	+ 4.4	— 1.9	162.7553	191	+ 592	162.8336	
23	8 56.3	v	10.10	II	2	2—3	+ 7.7	— 0.8	172.8592	169	— 645	172.8116	
	9 17.9				2	3—2	+ 7.2	— 1.0	162.7618	170	+ 593	162.8381	
	9 45.2			I	2	3	+ 6.7	— 1.2	162.7542	175	+ 593	162.8310	p)
	10 6.9				2	3—2	+ 6.2	— 1.4	172.8509	211	— 645	172.8075	
24	8 33.4	v	10.10	II	2	2	+ 6.1	— 1.7	162.7630	151	+ 594	162.8375	
	8 51.4				2—1	2—1	+ 5.8	— 1.8	172.8555	166	— 646	172.8075	
	9 18.4			I	2	2—1	+ 5.3	— 2.0	172.8573	175	— 646	172.8102	
	9 38.9				2	2—1	+ 5.0	— 2.1	162.7487	180	+ 594	162.8261	
26	7 58.0	v	10.10	I	2	2	+ 9.0	— 1.5	162.7596	128	+ 597	162.8321	q)
	8 20.3				2	2—3	+ 8.7	— 1.6	172.8620	135	— 649	172.8106	
	8 48.1			II	2	3—2	+ 8.2	— 1.7	172.8523	141	— 649	172.8015	
	9 10.7				2	2—3	+ 7.8	— 1.7	162.7593	143	+ 597	162.8333	
27	8 45.9	v	10.20	I	2	2—3	+ 11.2	— 1.4	172.8662	40	— 651	172.8051	
	9 17.8				2	2	+ 10.6	— 1.6	162.7620	50	+ 598	162.8268	
	9 38.5			II	2	2	+ 10.1	— 1.7	162.7689	64	+ 598	162.8351	
	10 1.5				2	2	+ 9.7	— 1.9	172.8711	80	— 651	172.8140	
28	8 55.2	v	10.10	II	2	2	+ 8.6	— 1.5	172.8603	145	— 652	172.8156	
	9 16.6				2	2	+ 8.1	— 1.7	162.7573	146	+ 599	162.8318	
	9 44.3			I	2	2—3	+ 7.6	— 1.9	162.7533	163	+ 599	162.8295	
	10 5.6				2	2	+ 7.1	— 2.1	172.8622	186	— 652	172.8156	
April 3	9 9.2	v	10.10	II	2	2	+ 7.1	— 1.7	162.7526	142	+ 608	162.8276	
	9 30.1				2	2	+ 6.7	— 2.0	172.8608	157	— 661	172.8104	
	9 57.9			I	2	2	+ 6.0	— 2.3	172.8660	176	— 661	172.8175	
	10 17.1				2	2	+ 5.6	— 2.6	162.7522	185	+ 608	162.8315	

m) Mondschein.

n) Mondschein; Messungen zeitweilig — namentlich beim 3. Satze — sehr schwierig wegen Schwäche der Sterne, wahrscheinlich einzelne Cirri.

o) Mondschein; die Sterne erschienen am ganzen Abend sehr schwach. Es wurde plötzlich total trübe.

p) Von hier ab Mondschein und einzelne Wolken; am Schlusse ziemlich trübe.

q) Sterne meist recht schwach.

Für die Positionswinkel an Lal. 15290 hat man

$$xy\colon\ 283^\circ 37'.2 \qquad xz\colon\ 100^\circ 23'.3\,.$$

Hiermit erhält man für die Parallaxe in Distanz

$$\text{bei } xy\colon \quad 0.9985\,\pi\,R\cos(\odot - 202^\circ 27'.6)$$
$$\text{bei } xz\colon \quad 1.0000\,\pi\,R\cos(\odot - 22^\circ 59'.9)\,.$$

Der Einfluss der Parallaxe auf die Summe und die Differenz der gemessenen Distanzen ergiebt sich dann aus den Ausdrücken

$$xy + xz: \quad 0.0095\,\pi\,R\cos(\odot - 103^\circ 35'.9)$$
$$xy - xz: \quad 1.9985\,\pi\,R\cos(\odot - 202^\circ 43'.8)\,.$$

Eine Verbesserung der Summen wegen Parallaxe ist nicht erforderlich. Aus allen Beobachtungen ergiebt sich unter Berücksichtigung der Gewichte im Mittel

$$S_0 = 335^p.6553$$
$$D_0 = \quad 9.9766\,,$$

mithin für die Reduction auf gleichen Scalenwerth

$$c_s = \frac{D_0}{S_0}(S_0 - S) = 0.0297\,(S_0 - S)\,.$$

c_s erreicht im Maximum den Betrag $0^p.0006$.

Die Abendwerthe der einzelnen Distanzen nebst ihren Summen und den auf gleichen Scalenwerth gebrachten Differenzen sind im Folgenden zusammengestellt.

			xy	xz	$xy + xz$	$xy - xz + c_s$
1892	März	25	172P8246	162P8491	335P6737	9P9749
		26	8217	8355	6572	9861
		30	8096	8449	6545	9647
	April	3	8232	8333	6565	9899
		9	8212	8430	6642	9779
		10	8216	8410	6626	9804
		11	8161	8433	6594	9727
	Oct.	4	8106	8389	6495	9719
		20	8324	8366	6690	9954
		24	8184	8401	6585	9782
		26	8180	8385	6565	9795
1893	März	12	8222	8356	6578	9865 Gew. ½
		23	8093	8421	6514	9673
		24	8136	8388	6524	9749
		25	8236	8525	6761	9705
		27	8117	8462	6579	9655
	April	5	8215	8414	6629	9799
		7	8183	8455	6638	9725
		10	8158	8492	6650	9663
1894	Jan.	2	8118	8426	6544	9692 Gew. ½
		10	8143	8420	6563	9723 Gew. ½
		11	8148	8378	6526	9771
		13	8152	8467	6619	9683

		xy	xz	$xy + xz$	$xy - xz + c_s$
1894 Febr.	20	172^{p}8094	162^{p}8354	335^{p}6448	9^{p}9743
	22	8106	8357	6463	9752
März	22	8182	8312	6494	9872 Gew. $\frac{1}{2}$
	23	8095	8345	6440	9753
	24	8088	8318	6406	9774
	26	8060	8327	6387	9738
	27	8095	8309	6404	9789
	28	8156	8306	6462	9853
April	3	8139	8295	6434	9848

Schon ein flüchtiger Ueberblick der Werthe von $xy - xz + c_s$ zeigt, dass eine Parallaxe bei Lal. 15290 kaum vorhanden sein kann. Nimmt man 0^{p}0001 als Einheit für $D - D_0$ an, so ergeben sich aus ihnen die nachfolgenden Bedingungsgleichungen, die schon auf gleiches Gewicht gebracht sind. Unter v sind die nach Einsetzen der für die Unbekannten späterhin angegebenen Werthe übrig bleibenden Fehler (Rechn. — Beob.) beigefügt.

Bedingungsgleichungen	v
$x - 0.767\,c - 1.907\,\pi = -17$	$+16$
$x - 0.765 - 1.918 = +95$	-96
$x - 0.754 - 1.953 = -119$	$+117$
$x - 0.742 - 1.980 = +133$	-135
$x - 0.726 - 2.001 = +13$	-15
$x - 0.723 - 2.003 = +38$	-40
$x - 0.721 - 2.005 = -39$	$+37$
$x - 0.238 + 1.964 = -47$	$+74$
$x - 0.195 + 1.980 = +188$	-161
$x - 0.184 + 1.959 = +16$	$+11$
$x - 0.178 + 1.945 = +29$	-2
$0.707\,x + 0.139 - 1.214 = +70$	-74
$x + 0.226 - 1.881 = -93$	$+87$
$x + 0.229 - 1.893 = -17$	$+11$
$x + 0.232 - 1.905 = -61$	$+55$
$x + 0.237 - 1.924 = -111$	$+105$
$x + 0.262 - 1.988 = +33$	-40
$x + 0.267 - 1.996 = -41$	$+34$
$x + 0.276 - 2.001 = -103$	$+96$
$0.707\,x + 0.711 + 0.246 = -52$	$+57$
$0.707\,x + 0.727 + 0.050 = -30$	$+33$
$x + 1.031 + 0.035 = +5$	0
$x + 1.037 + 0.033 = -83$	$+88$
$x + 1.140 - 1.256 = -23$	$+17$
$x + 1.146 - 1.312 = -14$	$+8$
$0.707\,x + 0.865 - 1.319 = +75$	-83

Bedingungsgleichungen	v
$x + 1.226\,e - 1.879\,\pi = - 13$	$+ 2$
$x + 1.228 - 1.890 = + 8$	$- 19$
$x + 1.234 - 1.912 = - 28$	$+ 17$
$x + 1.237 - 1.922 = + 23$	$- 34$
$x + 1.239 - 1.932 = + 87$	$- 98$
$x + 1.256 - 1.977 = + 82$	$- 94$

Aus diesen Bedingungsgleichungen ergeben sich durch die Substitutionen

$$y = 1.256\,e$$
$$z = 2.005\,\pi$$

und wenn man 188 als Einheit für die rechten Seiten nimmt, nach der Methode der kleinsten Quadrate die Normalgleichungen

$$+ 29.9994\,x + 7.3046\,y - 17.5395\,z = - 0.0766$$
$$+ 7.3046\,x + 12.8135\,y - 5.2001\,z = - 0.4786$$
$$- 17.5395\,x - 5.2001\,y + 24.2696\,z = + 1.2278.$$

Hieraus folgt schliesslich

$$x = + 0^{p}.0010 \pm 0^{p}.00181$$
$$e = - 0.0005 \pm 0.00221 \qquad \Sigma vv = 0.001549$$
$$\pi = + 0.0008 \pm 0.00196$$

oder

$$\pi = + 0''.02 \pm 0''.043.$$

Der m. F. eines Abendes von der Gewichtseinheit beträgt

$$\pm 0^{p}00731 = \pm 0''.16.$$

4. Lalande 18115.

Dieses Object ist ein schon von W. Struve gemessener Doppelstern (Σ 1321), dessen beide Componenten fast genau gleich hell ($8^{m}.0$) sind und eine Distanz von 19''.5 haben. Bei der grossen beiden

gemeinsamen Eigenbewegung ist es von vornherein sehr wahrscheinlich, dass beide Sterne in einem physischen Zusammenhang miteinander stehen. Es wird dies auch sowohl durch die mikrometrischen Messungen von Positionswinkel und Distanz, als auch durch die Meridiankreisbestimmungen der absoluten Oerter beider Sterne bestätigt. Die Rectascensionsdifferenz beider Sterne nimmt zu, die Declinationsdifferenz nimmt ab; die Aenderungen beider Coordinatendifferenzen sind jedoch nicht sehr bedeutend. Die Parallaxe beider Componenten ist von mir durch zwei von einander unabhängige Reihen von Beobachtungen bestimmt worden, in beiden Reihen habe ich aber die nämlichen Vergleichsterne benutzt. Der Distanzunterschied war jedoch zu bedeutend, um in beiden Reihen auch die gleichen Scalenstriche verwenden zu können. Bei der für beide Reihen zunächst getrennt durchgeführten Ausgleichung der Beobachtungen ist die Eigenbewegung beider Componenten als gleich angenommen worden; es konnte dies unbedenklich geschehen, da in den Bedingungsgleichungen eine Verbesserung der Eigenbewegungen vorgesehen ist. Als Vergleichsterne wurden benutzt B.D. + 53°1309 und B.D. + 53°1330; namentlich der letztere (63 Urs. maj.) kommt in einer grösseren Anzahl von Catalogen vor. Auf 1893.0 reducirt liegt folgendes Beobachtungsmaterial von den Vergleichsternen vor:

y = B.D. + 53°1309 (7^m8)		Epoche	
$8^h59^m5^s.23$	$+53°24'29''.6$	1791.2	Lalande 17858
4.96	31.9	1836	Rümker 2732
5.49	31.0	1842	Arg.-Oeltzen 9555
5.17	31.3	1874.2	A.G.C. Cambridge M. 3301
4.87	30.9	1881.2	Paris 11146
z = B.D. + 53°1330 (7^m0)			
$9^h12^m58^s.29$	$+52°54'\ 8''.5$	1790	Fedorenko 1474,5
57.81	5.8	1800	Piazzi 28
57.80	6.9	1812.2	Groombridge 1532
58.16	4.4	1835	Taylor 1122
58.16	6.7	1836	Rümker 2815
58.20	6.2	1842	Arg.-Oeltzen 9784
57.96	5.0	$184^{3.2}_{5.2}$	Armagh 2046
57.99	5.1	$184^{4.8}_{7.6}$	Radcliffe 2304
57.92	5.5	1875.2	A.G.C. Cambridge M. 3354

Es wurde angenommen

$y = $	$8^h 59^m 5^s.02$	$+53^\circ 24' 31''.1$	$\frac{1}{2}$ (Paris + A.G.C.)
$z = $	9 12 57.92	+52 54 5.5	A.G.C.

In den älteren Catalogen und auch bei PORTER ist gewöhnlich von Lal. 18115 nur die Position der Mitte gegeben; ich habe die Position der Componenten dem A.G.C. entnommen und demgemäss angenommen

Lal. 18115 prc.	$9^h 7^m 4^s.93$	$+53^\circ 8' 39''.3$	m. Aeq. 1893.0
Lal. 18115 seq.	9 7 6.85	+53 8 50.2	

Von hier ab ist die Rechnung für die einzelnen Componenten getrennt geführt worden. Wenn dies für die Genauigkeit bis zur Aufstellung der Bedingungsgleichungen praktisch auch ziemlich ohne Bedeutung ist, so wurde auf diese Weise doch zugleich auch eine Controle für die Richtigkeit der Rechnung erlangt. — Zu erwähnen ist noch, dass die Beobachtungen bei hellem Felde und ohne Benutzung eines Gitters ausgeführt wurden.

a. Lalande 18115 prc.

Für die Mitten der Distanzen hat man

α_0	$135^\circ 46'.4$	$137^\circ 30'.5$
δ_0	+53 16.8	+53 1.5
p_0	102 28.2	105 20.2
Δ	$4408''.8 = 202^p.9$	$3302''.8 = 152^p.0$.

Hiermit wurde die nachfolgende Tafel der mittleren Refraction berechnet, aus welcher die Werthe für die einzelnen Einstellungen durch lineare Interpolation entnommen wurden. Das von Δ^3 abhängige Glied der Refraction ist verschwindend klein.

Mittlere Refraction.

t	xy	xz	t	xy	xz	t	xy	xz
$2^h 10^m$	0^p0633	0^p0472	$5^h 0^m$	0^p0855	0^p0622	$18^h 0^m$	0^p1292	0^p0997
20	0642	0479	10	0870	0631	10	1246	0959
30	0652	0486	20	0885		20	1202	0922
40	0663	0493				30	1159	0888
50	0674	0501				40	1118	0854
						50	1078	0823
3 0	0686	0509	16 0		1535			
10	0698	0517	10		1490	19 0	1041	0792
20	0711	0526	20		1443	10	1005	0764
30	0724	0535	30		1396	20	0971	0736
40	0738	0544	40		1348	30	0938	0711
50	0751	0554	50	1651	1301	40	0907	0686
						50	0878	0663
4 0	0766	0563	17 0	1597	1254			
10	0780	0573	10	1544	1208	20 0	0850	0641
20	0795	0583	20	1491	1163	10	0824	0621
30	0810	0593	30	1440	1120	20	0800	0602
40	0825	0602	40	1390	1077	30	0777	
50	0840	0612	50	1340	1036	40	0755	

Für die Correction wegen Aberration hat man in Scalentheilen

$$xy\colon (6.8763)\, C + (6.6247)\, D \quad \text{und} \quad xz\colon (6.7442)\, C + (6.5144)\, D.$$

C und D sind die BESSEL'schen Tagesconstanten.

Die Eigenbewegung der Mitte von Lal. 18115 ist nach PORTER -0^s175 und $-0''62$. Im Bogen grössten Kreises ist dies $1''692$. Der Positionswinkel der Eigenbewegung ist für 1893.0 248°30′. Hiermit ergiebt sich für die zur Reduction auf 1893.0 an die gemessenen Distanzen anzubringenden Correctionen

$$xy\colon +0^p06397\, t \quad \text{und} \quad xz\colon -0^p06280\, t.$$

t ist in Jahren ausgedrückt und von 1893.0 an gerechnet.

In der nachfolgenden Zusammenstellung der Beobachtungen ist Σc stets positiv.

Die gemessenen Distanzen zwischen Lalande 18115 prc. und den Vergleichsternen *y* und *z*.

1892	Θ	G	Ocs	P	R	S	K	K—S	Δ_g	Σr	RE	Δ_r
Marz 31	11h 51m.8	v	10.10	I	2—3	2—3	+ 5".3	— 1".9	202".9186	332	— 480	202".9038
	12 10.7				2—3	2—3	+ 4.9	— 2.1	151.9297	255	+ 472	152.0024
	12 33.8			II	2—3	2—3	+ 4.6	— 2.2	151.9327	275	+ 472	152.0074
	12 57.8				2—3	2	+ 4.2	— 2.4	202.9117	419	— 480	202.9056
April 8	12 9.3	v	10.00	I	2	2	+ 4.8	— 2.0	151.9237	318	+ 458	152.0013
	12 27.9				3—2	2	+ 4.4	— 2.2	202.9046	462	— 466	202.9042
	12 47.4			II	3—2	2—3	+ 4.0	— 2.5	202.9174	486	— 466	202.9194
	13 10.4				2—3	2—3	+ 3.5	— 2.6	151.9235	374	+ 458	152.0067
17	11 29.1	v	10.10	II	2—3	2	+ 7.5	— 1.1	151.9393	203	+ 442	152.0038
	11 50.9				2	2	+ 6.9	— 1.4	202.9227	302	— 450	202.9079
	12 11.5			I	2	2	+ 6.3	— 1.7	202.9278	325	— 450	202.9153
	12 30.1				2—3	2—3	+ 5.8	— 1.9	151.9333	250	+ 442	152.0025
19	12 57.4	v	10.10	II	2	2	+ 4.8	— 1.8	202.9082	407	— 447	202.9042
	13 14.7				2	2—3	+ 4.6	— 1.8	151.9219	308	+ 439	151.9966
	13 36.8			I	2—3	2—3	+ 4.3	— 1.7	151.9249	334	+ 439	152.0022
	14 4.5				2—3	2	+ 3.9	— 1.5	202.8957	524	— 447	202.9034
20	12 48.9	v	10.10	II	3—2	2	+ 3.8	— 2.2	151.9306	284	+ 437	152.0027
	13 18.5				3	2—3	+ 3.2	— 2.4	202.9082	444	— 445	202.9081
	13 40.3			I	3—2	2—3	+ 2.8	— 2.5	202.9092	480	— 445	202.9127
	13 58.9				3	3—2	+ 2.5	— 2.6	151.9187	357	+ 437	151.9981
Oct. 4	2 48.6	f	10.10	I	3	3—2	+ 8.6	— 1.2	202.8120	1307	— 153	202.9274
	3 11.2				3	2—3	+ 8.3	— 1.5	151.8839	946	+ 150	151.9935
	3 32.0			II	3	3—2	+ 8.0	— 1.9	151.8802	866	+ 150	151.9818
	3 52.6				3—2	2—3	+ 7.7	— 2.2	202.8253	1010	— 153	202.9110
24	3 18.9	f	10.00	I	2—3	3	+ 0.8	— 2.2	151.8770	1045	+ 116	151.9931
	3 41.9				2—3	3	+ 0.6	— 2.4	202.8149	1228	— 118	202.9259
	4 5.0			II	2	2—3	+ 0.4	— 2.6	202.8222	1135	— 118	202.9239
	4 22.8				2—3	2—3	+ 0.2	— 2.7	151.8967	831	+ 116	151.9914
28	3 48.7	f	10.10	II	2—3	3—4	+ 5.2	— 1.5	202.8286	1075	— 111	202.9250
	4 14.2				3—2	3—4	+ 5.2	— 1.6	151.9016	763	+ 109	151.9888
	4 51.0			I	3	4	+ 5.1	— 1.8	151.9034	661	+ 109	151.9804 a)
Nov. 5	4 39.0	f	10.00	I	3—2	2—3	+ 1.2	— 3.2	202.8225	1002	— 97	202.9130
	4 55.0				2—3	2—3	+ 1.2	— 3.1	151.8955	735	+ 95	151.9785 b)
	5 13.0			II	2—3	2—3	+ 1.1	— 3.0	151.8958	699	+ 95	151.9752
	5 31.5				2	2—3	+ 1.1	— 2.9	202.8445	863	— 97	202.9211
10	4 58.2	f	10.00	II	2	2	— 0.1	— 2.5	202.8420	974	— 88	202.9306
	5 15.9				2	2	— 0.1	— 2.3	151.8981	716	+ 80	151.9783 c)
1893												
April 5	12 55.2	v	10.11	I	2	2	+ 6.7	— 2.3	151.9931	267	— 165	152.0033
	13 17.4				2	2	+ 6.4	— 2.3	202.8576	412	+ 168	202.9156
	13 37.5			II	2	2	+ 6.2	— 2.3	202.8550	445	+ 168	202.9163
	13 55.3				2	2	+ 6.0	— 2.3	151.9878	332	— 165	152.0045
10	11 45.0	v	10.15	I	2—1	2—1	+ 10.1	— 2.7	202.8670	202	+ 177	202.9049
	12 2.8				2—1	1	+ 9.8	— 2.7	152.0062	159	— 173	152.0048
	12 25.2			II	2	1	+ 9.5	— 2.8	152.0047	179	— 173	152.0053
	12 43.5				2—3	2—1	+ 0.2	— 2.9	202.8688	281	+ 177	202.9146

a) Weiter zu messen nicht möglich.
b) Heller Mondschein, am Schluss Himmel leicht bedeckt.
c) Plötzlich dicker Nebel.

1893	Θ	G	Ocs	P	R	S	K	K—S	Δ_y	Σc	RE	Δ_r	
April 18	11ʰ 25ᵐ.3	v	10.05	I	3—2	2—3	+ 5°.8	— 2°.3	202ᴾ.8562	324	+ 191	202ᴾ.9077	
	11 42.5				2—3	2—3	+ 5.5	— 2.4	151.9968	249	— 187	152.0030	
	12 3.5			II	2—3	2—3	+ 5.2	— 2.5	151.9880	266	— 187	151.9959	
	12 22.4				3—2	2—3	+ 4.9	— 2.5	202.8540	396	+ 191	202.9127	
20	12 11.5	v	10.05	II	[illegible]	2	+ 12.4	— 2.4	202.8550	311	+ 194	202.9055	
	12 28.9				2—1	2—1	+ 12.0	— 2.5	151.9932	238	— 190	151.9980	
	12 44.7			I	2—1	2—1	+ 11.7	— 2.6	151.9955	253	— 190	152.0018	
	13 0.8				2—1	2—1	+ 11.4	— 2.7	202.8530	381	+ 194	202.9105	
24	12 21.6	v	10.12	I	3	2—3	+ 11.2	— 2.3	202.8561	275	+ 201	202.9037	
	12 37.8				3—2	2—3	+ 10.7	— 2.5	152.0024	209	— 197	152.0036	
	13 0.2			II	2—3	2—3	+ 10.0	— 2.7	151.9978	232	— 197	152.0013	
	13 15.9				2—3	2—3	+ 9.4	— 2.9	202.8502	354	+ 201	202.9057	
Oct. 27	1 40.2	f	10.10	I	3—2	2—3	+ 5.0	— 2.0	151.8866	1389	— 517	151.9738	
	2 4.8				3—2	2—3	+ 4.9	— 1.9	202.7197	1575	+ 526	202.9298	d
	2 26.4			II	2—3	[illegible]	+ 4.9	— 1.8	202.7268	1461	+ 526	202.9255	
	2 45.7				2—3	2—3	+ 4.8	— 1.7	151.9269	1090	— 517	151.9842	
Nov. 9	3 30.5	f	10.00	II	2—3	2	— 2.2	— 1.9	202.7406	1330	+ 550	202.9286	
	3 49.3				2—3	2	— 2.3	— 1.8	151.9465	978	— 539	151.9904	
	4 11.6			I	2	2	— 2.4	— 1.8	151.9460	906	— 539	151.9827	
	4 34.7				2	2	— 2.5	— 1.7	202.7528	1087	+ 550	202.9165	
Dec. 2	4 7.1	f	10.00	II	2—3	3—2	— 3.1	— 2.9	151.9523	889	— 579	151.9833	
	4 26.9				2—3	2—3	— 3.3	— 2.8	202.7515	1069	+ 590	202.9174	
	4 48.5			I	2	2	— 3.4	— 2.8	202.7629	1000	+ 590	202.9219	
	5 9.5				2	2—3	— 3.6	— 2.7	151.9625	727	— 579	151.9773	
1894													
April 9	11 53.9	v	10.20	I	3	[illegible]	+ 11.0	— 2.8	152.0663	107	— 799	151.9971	
	12 19.2				3	2	+ 10.7	— 2.8	202.7917	188	+ 814	202.8919	
	12 42.9			II	3	2—3	+ 10.4	— 2.9	202.8015	221	+ 814	202.9050	
	13 1.9				2	2	+ 10.1	— 2.9	152.0603	172	— 799	151.9976	
10	11 33.7	v	10.20	I	2	[illegible]	+ 11.1	— 2.5	202.8063	140	+ 816	202.9019	
	11 52.3				2	2—3	+ 10.8	— 2.5	152.0628	114	— 801	151.9941	
	12 13.9			II	2—3	2—3	+ 10.4	— 2.6	152.0633	133	— 801	151.9965	
	12 35.2				3—2	3—2	+ 10.1	— 2.7	202.7997	219	+ 816	202.9032	
25	11 47.6	v	10.20	II	2—3	2—3	+ 15.8	— 2.0	202.8091	114	+ 842	202.9047	
	12 6.7				2—3	2—3	+ 15.6	— 2.1	152.0575	92	— 826	151.9841	
	12 26.8			I	2—3	2—3	+ 15.3	— 2.1	152.0731	111	— 826	152.0016	
	12 43.4				2	2—3	+ 15.1	— 2.2	202.8074	185	+ 842	202.9101	
Mai 19	12 41.5	v	10.10	II	2	2	+ 12.1	— 2.7	152.0536	222	— 868	151.9890	
	13 4.3				2	2	+ 11.6	— 3.0	202.7829	345	+ 884	202.9058	
	13 28.5			I	3—2	2—3	+ 10.9	— 3.3	202.7779	382	+ 884	202.9045	
	13 51.6				3—2	3—2	+ 10.3	— 3.6	152.0545	287	— 868	151.9964	

d) Mondschein, Beobachtung öfter durch Wolken unterbrochen.

Die Positionswinkel an x für die Richtungen nach y und z sind

$$xy:\quad 283^\circ 16'.0 \quad \text{und} \quad xz:\quad 104^\circ 44'.9\,.$$

Hiermit findet sich für die in diese Richtungen fallenden Componenten der Parallaxe

$$xy:\quad 0.9943\,\pi R \cos(\odot - 216^\circ 23'.0)$$
$$xz:\quad 0.9964\,\pi R \cos(\odot - 35^\circ 32'.4)\,.$$

Der Einfluss der Parallaxe auf die Summe und die Differenz der gemessenen Distanzen ergiebt sich aus den Ausdrücken

$$xy + xz: \quad 0.0150\,\pi\,R\cos(\odot - 313^\circ 42'.0)$$
$$xy - xz: \quad 1.9907\,\pi\,R\cos(\odot - 215^\circ 58'.0).$$

Maximum und Minimum des letzteren Ausdruckes finden um den 28. October und den 25. April herum statt.

Eine Ueberschlagsrechnung ergiebt als Näherungswerth für π den Betrag 0ᴾ0080. Die Correction der Summen $xy + xz$ wegen π kann demnach im Maximum überhaupt nur 0ᴾ0001 betragen und ist für alle Messungstage verschwindend.

Bildet man aus allen 22 Abendwerthen von $xy + xz$ und $xy - xz$ unter Berücksichtigung der Gewichte die Mittelwerthe, so erhält man

$$S_0 = 354^{\mathrm{P}}9071$$
$$D_0 = 50.9179$$

und hiermit ergiebt sich für die an $xy - xz$ zur Reduction auf gleichen Scalenwerth anzubringende Correction der Ausdruck

$$c_s = 0.1435\,(S_0 - S).$$

Im Maximum erreicht c_s den Betrag von 0ᴾ0020.

Nachstehend sind die einzelnen Abendwerthe von xy und xz nebst ihren Summen und ihren auf gleichen Scalenwerth reducirten Differenzen zusammengestellt.

			xy	xz	$xy + xz$	$xy - xz + c_s$
1892	März	31	202ᴾ9047	152ᴾ0049	354ᴾ9096	50ᴾ8994
	April	8	9118	0040	9158	9065
		17	9116	0031	9147	9074
		19	9038	9994	9032	9050
		20	9104	0004	9108	9094
	Oct.	4	9192	9876	9068	9316
		24	9249	9922	9171	9312
		28	9250	9888	9138	9352 Gew. ½
	Nov.	5	9170	9768	8938	9422
		10	9306	9783	9089	9520 Gew. ½
1893	April	5	9159	0039	9198	9101
		10	9097	0050	9147	9036
		18	9102	9904	9006	9104
		20	9080	9999	9079	9080
		24	9047	0024	9071	9023

			xy	xz	$xy + xz$	$xy - xz + c_z$
1893	Oct.	27	202°.9276	151°.9790	354°.9066	50°.9487
	Nov.	9	9225	9865	9090	9357
	Dec.	2	9196	9803	8999	9404
1894	April	9	8984	9973	8957	9028
		10	9025	9953	8978	9086
		25	9074	9928	9002	9156
	Mai	19	9051	9927	8978	9138

Aus den Werthen $xy - xz + c_z$ ergeben sich die nachstehenden Bedingungsgleichungen, in denen 0°.0001 als Einheit für das unbenannte Glied angenommen ist. Die Gleichungen sind auf gleiches Gewicht gebracht. Die nach der Ausgleichung übrig bleibenden Fehler sind unter v_1 gegeben. v_2 findet weiterhin seine Erklärung.

Bedingungsgleichungen	v_1	v_2
$x - 0.751\,e - 1.815\,x = -185$	+ 64	+ 58
$x - 0.729 - 1.914 = -114$	− 14	− 20
$x - 0.704 - 1.983 = -105$	− 28	− 34
$x - 0.699 - 1.992 = -129$	− 5	− 10
$x - 0.696 - 1.995 = -85$	− 49	− 55
$x - 0.239 + 1.822 = +137$	+ 51	+ 48
$x - 0.184 + 1.974 = +133$	+ 68	+ 66
$0.707\,x - 0.122 + 1.397 = +122$	+ 20	+ 19
$x - 0.151 + 1.953 = +243$	− 43	− 45
$0.707\,x - 0.097 + 1.356 = +241$	− 101	− 102
$x + 0.262 - 1.878 = -78$	− 21	− 20
$x + 0.276 - 1.931 = -143$	+ 39	+ 40
$x + 0.298 - 1.987 = -75$	− 32	− 31
$x + 0.303 - 1.995 = -90$	− 9	− 8
$x + 0.314 - 2.004 = -156$	+ 47	+ 49
$x + 0.823 + 1.976 = +308$	− 81	− 76
$x + 0.859 + 1.928 = +178$	+ 47	+ 51
$x + 0.922 + 2.021 = +225$	+ 9	+ 14
$x + 1.272 - 1.919 = -151$	+ 75	+ 83
$x + 1.275 - 1.928 = -93$	+ 15	+ 24
$x + 1.316 - 2.005 = -23$	− 59	− 51
$x + 1.382 - 1.858 = -41$	− 27	− 18

Um bei der später folgenden Ausgleichung der beiden Componenten als ein Ganzes Rechnung zu sparen, habe ich die zur Herbeiführung von Homogenität in den Gleichungen vorgenommenen Sub-

stitutionen so gewählt, dass die homogen gemachten Bedingungsgleichungen für Lal. 18115 prc. und seq. ohne weiteres mit einander verbunden und als ein Ganzes ausgeglichen werden können. Demgemäss sind als neue Unbekannte

$$y = 1.382\,e$$
$$z = 2.021\,\pi$$

eingeführt und ist 308 als Einheit für die rechten Seiten der Gleichungen angenommen worden. Gleicht man nun nach der Methode der kleinsten Quadrate aus, so ergeben sich als Normalgleichungen

$$+\,20.9997\,x + 3.6138\,y - 6.7192\,z = +\,0.0120$$
$$+\,3.6138\,x + 6.4280\,y - 0.8127\,z = +\,0.8651$$
$$-\,6.7192\,x - 0.8127\,y + 19.4449\,z = +\,9.2397\,.$$

Hieraus findet sich für die Unbekannten

$$x = +\,0^{\text{p}}.0046 \pm 0^{\text{p}}.00126$$
$$e = +\,0.0026 \pm 0.00216 \qquad \Sigma vv = 0.000514$$
$$\pi = +\,0.0081 \pm 0.00125$$

oder

$$\pi = +\,0''.18 \pm 0''.027\,.$$

Der m. F. einer Bedingungsgleichung vom Gewicht Eins beträgt

$$\pm\,0^{\text{p}}.00520 = \pm\,0''.11\,.$$

Zieht man die Abendwerthe der einzelnen Perioden zu Normalorten zusammen und gleicht diese aus, so ergeben sich fast genau die nämlichen Werthe der Unbekannten, die m. F. derselben aber ergeben sich nur $\frac{1}{4}$ so gross wie bei der directen Ausgleichung der ursprünglichen Bedingungsgleichungen. Man erhält nämlich

$$x = +\,0^{\text{p}}.0049 \pm 0^{\text{p}}.00030$$
$$e = +\,0.0025 \pm 0.00048$$
$$\pi = +\,0.0082 \pm 0.00028$$

oder

$$\pi = +\,0''.18 \pm 0''.006\,.$$

Der m. F. eines auf drei bis fünf Abenden beruhenden Normalortes findet sich zu $\pm\,0^{\text{p}}.00058 = \pm\,0''.013$.

Die von den einzelnen Normalorten übrig gelassenen Fehler sind der Reihe nach

$$-0^{p}0004 \quad +0^{p}0003 \quad +0^{p}0005 \quad -0^{p}0004 \quad +0^{p}0001\,.$$

b. Lalande 18115 seq.

Für die Mitten der Distanzen hat man

	xy	xz
α_0	$135^{\circ}46'.7$	$137^{\circ}30'.8$
δ_0	$+\ 53\ 16.9$	$+\ 53\ \ 1.6$
p_0	$102\ 17.0$	$105\ 36.2$
Δ	$4422''.6 = 203^{p}.6$	$3288''.6 = 151^{p}.4\,.$

Die mittlere Refraction wurde der nachstehenden Tafel entnommen.

Mittlere Refraction.

t	xy	xz	t	xy	xz	t	xy	xz
$2^h\ 0^m$	$0^{p}0626$	$0^{p}0463$	$5^h\ 20^m$	$0^{p}0890$		$19^h\ 0^m$	$0^{p}1043$	$0^{p}0790$
10	0635	0469	30	0905		10	1007	0761
20	0644	0476				20	0973	0731
30	0655	0483	16 10	1861		30	0941	0708
40	0665	0490	20	1810	$0^{p}1443$	40	0910	0683
50	0677	0498	30	1758	1395	50	0881	0660
			40	1705	1347			
3 0	0689	0506	50	1652	1300	20 0	0853	0639
10	0701	0515				10	0827	0619
20	0714	0523	17 0	1598	1253	20	0802	0599
30	0727	0532	10	1545	1207	30	0779	0582
40	0741	0541	20	1493	1162	40	0758	0565
50	0755	0550	30	1442	1118	50	0737	0549
			40	1391	1075			
4 0	0769	0560	50	1342	1034	21 0	0718	0535
10	0784	0569				10	0701	0521
20	0799	0579	18 0	1295	0994	20	0684	0509
30	0814	0589	10	1249	0956	30		0498
40	0829	0598	20	1204	0920	40		0487
50	0845	0608	30	1161	0885			
			40	1120	0852			
5 0	0860	0617	50	1081	0820			
10	0875							

Die Correction wegen Aberration beträgt

für xy: $(6.8777)\,C + (6.6262)\,D$, für xz: $(6.7423)\,C + (6.5125)\,D$.

Um die gemessenen Distanzen wegen Eigenbewegung auf 1893.0 zu reduciren, waren an dieselben pro Jahr als Correctionen anzubringen

$$xy\colon\ +0''.06412 \qquad xz\colon\ -0''.06259.$$

Die an den einzelnen Abenden gemessenen Distanzen sind im Nachfolgenden zusammengestellt. Σr ist überall mit positivem Zeichen zu nehmen.

Die gemessenen Distanzen zwischen Lalande 18115 seq. und den Vergleichsternen y und z.

1892	Θ	G	Oc	P	B	S	k	k−S	Δ_g	Σr	RE	Δ_r
März 25	$12^h\ 29^m.2$	v	10.10	II	2	2	+ 2″.0	− 2″.4	151″.2033	275	+ 480	151″.3388
	12 56.0				2	2	+ 2.0	− 2.4	203.5995	428	− 492	203.5931
	13 20.0			I	2	2	+ 2.4	− 2.5	203.5884	464	− 492	203.5856
	13 41.6				2	2—3	+ 2.3	− 2.5	151.2030	345	+ 480	151.3455
26	11 15.0	v	10.20	II	2—3	2—3	+ 8.7	− 1.2	203.6138	172	− 490	203.5820
	11 35.0				3—2	3	+ 8.4	− 1.3	151.2846	136	+ 478	151.3460
	11 52.2			I	3	3	+ 8.1	− 1.4	151.2849	149	+ 478	151.3470
	12 7.8				3—2	3—2	+ 7.8	− 1.5	203.6137	233	− 490	203.5880
April 17	12 54.0	v	10.10	I	2	2	+ 5.1	− 2.2	151.2694	268	+ 441	151.3403 a)
	13 14.9				2	2	+ 4.7	− 2.4	203.5868	416	− 451	203.5863 a)
19	11 31.3	v	10.10	II	2—3	2	+ 6.6	− 0.8	203.5932	305	− 448	203.5789
	11 47.6				2—3	2	+ 6.2	− 1.1	151.2781	228	+ 437	151.3446
	12 6.8			I	2—3	2	+ 5.7	− 1.4	151.2690	242	+ 437	151.3369
	12 25.8				2	2	+ 5.3	− 1.7	203.5880	364	− 448	203.5796
20	11 18.0	v	10.10	II	3—2	2	+ 5.2	− 1.8	151.2736	206	+ 436	151.3378
	11 38.1				2—3	2	+ 4.9	− 1.9	203.5954	307	− 446	203.5815
	11 58.7			I	3—2	2	+ 4.6	− 2.0	203.5931	336	− 446	203.5821
	12 22.6				2—3	2	+ 4.2	− 2.1	151.2684	256	+ 436	151.3376
Sept. 30	1 21.9	f	10.20	I	3	2—3	− 10.8	− 2.1	203.4647	1615	− 160	203.6102
	1 42.0				3	2—3	+ 10.6	− 2.2	151.1935	1233	+ 156	151.3324
	2 4.2			II	3	2	+ 10.4	− 2.3	151.1865	1128	+ 156	151.3149
	2 24.2				3—2	2	+ 10.1	− 2.4	203.4880	1288	− 160	203.6008
Oct. 20	1 34.0	f	10.00	II	2	2—3	+ 1.5	− 2.1	203.4224	1892	− 125	203.5991
	1 56.8				2	2	+ 1.2	− 2.3	151.1751	1415	+ 122	151.3288
	2 24.8			I	2	3	+ 0.8	− 2.5	151.2022	1282	+ 122	151.3426
	2 49.8				3—2	3	+ 0.4	− 2.7	203.4824	1480	− 125	203.6179
26	3 35.7	f	10.00	I	2—3	2—3	− 0.6	− 2.6	151.2147	1001	+ 111	151.3259
	3 55.3				3—2	3—2	− 0.8	− 2.8	203.5010	1201	− 114	203.6097
	4 17.2			II	3—2	3—2	− 1.1	− 3.1	203.5108	1114	− 114	203.6108
	4 35.0				3—2	2—3	− 1.4	− 3.4	151.2439	807	+ 111	151.3357
Nov. 6	4 49.3	f	10.00	II	2—3	2—3	+ 2.5	− 2.4	151.2257	747	+ 93	151.3097
	5 4.4				2—3	2—3	+ 2.4	− 2.5	203.5192	930	− 95	203.6027
	5 22.2			I	2—3	3—2	+ 2.2	− 2.6	203.5091	883	− 95	203.5879
	5 37.5				2	2	+ 2.1	− 2.7	151.2344	642	+ 93	151.3079

a) Abgebrochen, da die Bilder plötzlich sehr schlecht wurden.

1893	Θ	G	Oes	P	R	S	K	K—S	Δ_g	Σc	RE	Δ_r	
April 5	11h 31m.9	v	10.11	II	2—3	2—3	+ 7°.4	— 2°.4	151p.3384	189	— 164	151p.3409	
	11 50.5				2—3	2	+ 7.2	— 2.4	203.5452	287	+ 168	203.5907	
	12 9.5			I	2—3	2—3	+ 7.1	— 2.3	203.5407	314	+ 168	203.5889	
	12 28.6				2—3	2—3	+ 6.9	— 2.3	151.3341	238	— 164	151.3415	
10	13 12.3	v	10.15	II	3—2	2—3	+ 8.7	— 2.9	203.5487	333	+ 177	203.5997	
	13 32.7				3—2	2	+ 8.3	— 3.0	151.3410	247	— 173	151.3484	
	13 51.7			I	2—3	2	+ 7.9	— 3.0	151.3300	269	— 173	151.3396	
	14 13.0				3—2	2—3	+ 7.4	— 3.1	203.5419	436	+ 177	203.6032	
13	11 36.7	v	10.00	I	2—3	2—3	+ 2.3	— 2.4	203.5267	416	+ 182	203.5865	
	11 51.9				2—3	2—3	+ 2.0	— 2.5	151.3219	313	— 178	151.3354	
	12 14.9			II	2—3	2—3	+ 1.6	— 2.7	151.3206	331	— 178	151.3359	
	12 33.8				2—3	2—3	+ 1.2	— 2.9	203.5200	488	+ 182	203.5870	
20	13 27.2	v	10.10	I	2	2	+ 11.0	— 2.7	203.5331	380	+ 194	203.5905	
	13 44.4				2—3	2—3	+ 10.7	— 2.7	151.3249	279	— 190	151.3338	
	14 1.8			II	2—3	3—2	+ 10.5	— 2.7	151.3332	296	— 190	151.3438	b
23	12 1.6	v	10.10	II	3—2	2—3	+ 10.0	— 2.7	203.5332	275	+ 199	203.5806	
	12 20.1				3—2	2—3	+ 9.5	— 2.8	151.3349	209	— 195	151.3363	
	12 38.0			I	3	2—3	+ 9.0	— 3.0	151.3321	226	— 195	151.3352	
	12 56.7				3—2	2—3	+ 8.5	— 3.1	203.5360	353	+ 199	203.5912	
Nov. 9	1 46.4	f	10.00	I	3—2	2—3	— 0.9	— 1.6	203.3636	1871	+ 551	203.6058	
	2 9.3				3	2—3	— 1.2	— 1.7	151.2374	1394	— 538	151.3230	
	2 41.5			II	3—2	2—3	— 1.6	— 1.8	151.2586	1243	— 538	151.3291	
	3 3.8				3—2	3—2	— 1.9	— 1.9	203.4030	1455	+ 551	203.6036	
Dec. 2	2 27.4	f	10.00	I	2—3	2—3	— 2.1	— 2.4	151.2493	1282	— 577	151.3198	
	2 50.2				3—2	3—2	— 2.3	— 2.5	203.3958	1488	+ 591	203.6037	
	3 17.2			II	2—3	2—3	— 2.6	— 2.7	203.4224	1355	+ 591	203.6170	
	3 40.5				2—3	2—3	— 2.9	— 2.8	151.2794	977	— 577	151.3194	
1894 Febr. 8	6 14.8	f	10.10	I	3—2	3—2	+ 4.4	— 1.9	203.4702	462	+ 710	203.5874	
	6 33.9				2—3	3	+ 4.1	— 2.0	151.3546	330	— 693	151.3183	
22	4 24.4	f	10.00	II	2	2	— 0.7	— 1.3	151.3340	676	— 717	151.3299	
	4 39.4				2	2—1	— 1.0	— 1.4	203.4402	813	+ 735	203.5950	
	4 58.1			I	2	2—1	— 1.3	— 1.5	203.4512	756	+ 735	203.6003	
	5 16.1				3—2	2	— 1.5	— 1.6	151.3442	547	— 717	151.3272	
April 7	11 54.8	v	10.20	I	2—1	2—1	+ 10.3	— 2.1	203.4929	179	+ 812	203.5920	
	12 14.4				1—2	1—2	+ 10.0	— 2.2	151.3983	139	— 793	151.3329	
	12 34.8			II	2	2—1	+ 9.8	— 2.2	151.3901	158	— 793	151.3266	
	12 58.2				2	2—1	+ 9.4	— 2.3	203.4877	268	+ 812	203.5957	
12	11 42.7	v	10.10	I	2—3	2	+ 5.2	— 2.6	151.3910	208	— 801	151.3317	
	12 12.3				3—2	2	+ 4.8	— 2.7	203.4609	327	+ 821	203.5757	
	12 37.6			II	3	2—3	+ 4.5	— 2.8	203.4699	362	+ 821	203.5882	
	12 57.2				3	3	+ 4.3	— 2.9	151.3849	272	— 801	151.3320	c
23	12 3.0	v	10.10	II	2	2	+ 7.9	— 1.9	151.3946	210	— 821	151.3335	
	12 25.4				2	2	+ 7.7	— 1.9	203.4736	328	+ 841	203.5905	
	12 45.5			I	2—3	2—1	+ 7.6	— 1.8	203.4626	359	+ 841	203.5826	
	13 6.8				2	2—1	+ 7.4	— 1.8	151.3852	271	— 821	151.3302	

b) Plötzlich trübe.
c) In der Mitte der Beobachtung Wolken, am Schlusse trübe.

Die Positionswinkel an x sind

$$xy:\ 283^\circ 5'.0 \qquad xz:\ 105^\circ 1'.0\,.$$

Für die in die Richtung der gemessenen Distanzen fallenden Componenten der Parallaxe und für den Einfluss der Parallaxe auf die Summe und die Differenz der Distanzen hat man die nachstehenden Ausdrücke:

$$\begin{aligned} xy: &\quad 0.9941\,\pi R\cos(\odot - 216^\circ 30'.4) \\ xz: &\quad 0.9967\,\pi R\cos(\odot - 35\ 23.5) \\ xy + xz: &\quad 0.0195\,\pi R\cos(\odot - 313\ 39.1) \\ xy - xz: &\quad 1.9907\,\pi R\cos(\odot - 215\ 56.9)\,. \end{aligned}$$

Eine Verbesserung der Summen wegen π ist hier ebenso wie bei Lal. 18115 prc. unnöthig. Unter Berücksichtigung der Gewichte findet sich

$$\begin{aligned} S_0 &= 354^p.9262 \\ D_0 &= 52.2610\,. \end{aligned}$$

Die Reduction auf gleichen Scalenwerth $c_s = 0.1472\,(S_0 - S)$ beträgt im Maximum $0^p.0032$.

Die einzelnen Abendwerthe der Distanzen, ihre Summen und reducirten Differenzen sind im Folgenden zusammengestellt.

			xy	xz	$xy + xz$	$xy - xz + c_s$	
1892	März	25	203p.5893	151p.3421	354p.9314	52p.2464	
		26	5850	3468	9318	2374	
	April	17	5863	3403	9266	2459	Gew. ½
		19	5792	3407	9199	2394	
		20	5818	3377	9195	2451	
	Sept.	30	6055	3236	9291	2815	
	Oct.	20	6085	3357	9442	2702	
		26	6102	3308	9410	2772	
	Nov.	6	5953	3088	9041	2897	
1893	April	5	5898	3412	9310	2479	
		10	6014	3440	9454	2546	
		13	5867	3356	9223	2517	
		20	5905	3338	9243	2570	Gew. ½
		23	5859	3357	9216	2509	
	Nov.	9	6047	3260	9307	2780	
	Dec.	2	6103	3196	9299	2902	
1894	Febr.	8	5874	3183	9057	2721	Gew. ½
		22	5976	3285	9261	2691	
	April	7	5938	3297	9235	2645	
		12	5819	3318	9137	2519	
		23	5865	3318	9183	2559	

Aus den Werthen von $xy - xz + c_s$ gehen die folgenden Bedingungsgleichungen hervor.

Bedingungsgleichungen	v
$x - 0.767\,e - 1.719\,\pi = -140$	-20
$x - 0.764 - 1.736 = -236$	$+69$
$0.707\,x - 0.498 - 1.402 = -107$	-23
$x - 0.699 - 1.991 = -216$	$+33$
$x - 0.696 - 1.995 = -159$	-24
$x - 0.250 + 1.764 = +205$	-41
$x - 0.195 + 1.962 = +92$	$+89$
$x - 0.178 + 1.976 = +162$	$+22$
$x - 0.148 + 1.947 = +287$	-103
$x + 0.262 - 1.878 = -131$	$+34$
$x + 0.276 - 1.932 = -64$	-37
$x + 0.284 - 1.956 = -93$	-9
$0.707\,x + 0.214 - 1.410 = -28$	-40
$x + 0.311 - 2.003 = -101$	-2
$x + 0.859 + 1.929 = +170$	$+93$
$x + 0.922 + 1.607 = +292$	-50
$0.707\,x + 0.783 - 0.340 = +78$	-18
$x + 1.146 - 0.931 = +81$	-29
$x + 1.267 - 1.898 = +35$	-53
$x + 1.280 - 1.947 = -91$	$+69$
$x + 1.311 - 2.003 = -51$	$+28$

Macht man diese Gleichungen in der nämlichen Weise wie bei Lal. 18115 prc. homogen, so führt die Auflösung nach der Methode der kleinsten Quadrate zu den folgenden Normalgleichungen:

$$+19.4995\,x + 3.3099\,y - 6.4471\,z = -0.0139$$
$$+3.3099\,x + 5.9649\,y - 1.2758\,z = +1.8352$$
$$-6.4471\,x - 1.2758\,y + 16.2313\,z = +7.5173$$

Hieraus folgt

$$x = +0^{s}.0036 \pm 0^{s}.00138$$
$$e = +0.0080 \pm 0.00235 \qquad \Sigma vv = 0.000537$$
$$\pi = +0.0082 \pm 0.00146$$

oder

$$\pi = +0''.18 \pm 0''.032\,.$$

Der m. F. eines Abendwerthes findet sich zu

$$\pm 0^{s}.00546 = \pm 0''.12\,.$$

Die Parallaxe ergiebt sich also völlig identisch für beide Componenten.

c. Lalande 18115 pre. und seq.

Es erscheint von Interesse, die beiden von einander unabhängig durchgeführten Beobachtungsreihen der Componenten von Lalande 18115 auch als ein Ganzes auszugleichen unter Voraussetzung gleicher Parallaxe für beide Componenten. Die Verbesserung x der Grössen D_0 kann naturgemäss nicht in beiden Reihen als gleich angenommen werden; hingegen ist die relative Bewegung der beiden Componenten gegen einander sehr genau bekannt, so dass die Eigenbewegung der einen Componente auf die der anderen reducirt werden kann und nur die Verbesserung der letzteren zu berücksichtigen bleibt. Durch das Zusammenziehen der beiden Beobachtungsreihen reduciren sich also die ursprünglichen sechs Unbekannten auf vier. Lal. 18115 pre. habe ich als Hauptstern angesehen und die innerhalb der Beobachtungsperiode um ihn vom seq. ausgeführte kleine Bewegung in Rechnung gestellt. Die Bedingungsgleichungen für den Hauptstern sind dann ohne weiteres unverändert verwendbar; hingegen bedürfen die rechten Seiten der Bedingungsgleichungen des Begleiters noch kleiner Correctionen, durch welche die Bewegung des Begleiters auf die des Hauptsternes reducirt wird.

Nachfolgend stelle ich die mir bekannt gewordenen mikrometrischen Messungen von Lalande 18115 zusammen. In der fünften Spalte sind die Positionswinkel auf das etwa in der Mitte liegende Aequinoctium 1860.0 reducirt.

Δ	p	Epoche	Beob.	1860.0	
	43°8	1820.92	1	44°05	W. Struve
21″12		1822.07	1		W. Struve
	45.78	1824.25	1	46.01	South
20.80		1824.67	1		South
20.14	48.12	1831.35	3	48.30	W. Struve
19.93	48.88	1835.73	3	49.03	W. Struve
20.18	50.53	1840.32	3	50.66	O. Struve
19.74	50.42	1842.44	6	50.53	Kaiser
20.23	50.85	1842.89	5	50.96	Dawes
20.00	52.20	1848.57	4	52.27	O. Struve
19.59	53.67	1855.17	4	53.70	Dembowski
20.06	54.66	1856.30	3	54.68	Winnecke
19.73	55.72	1863.12	5	55.70	Dembowski
19.62	58.33	1874.81	3	58.24	Dembowski

Δ	p	Epoche	Beob.	1860.0	
	58°.45	1876.03		58°.35	Doberck
19''.52	58.21	1878.92	3	58.09	Goldney
19.35	61.19	1883.01	10	61.04	Engelmann
19.42	62.43	1891.11	3	62.23	Burnham
19.42	63.65	1897.32	1	63.41	Hayn.

Die Bestimmungen von W. Struve und South sind den Mens. Microm., die von O. Struve den Observations de Poulkova Bd. IX, die von Dembowski dessen Misure micrometriche entnommen. Die letzte Beobachtung von Hayn ist am grossen Refractor der Leipziger Sternwarte angestellt und noch nicht veröffentlicht; alle anderen Beobachtungen sind den Astronomischen Nachrichten entnommen. Das Beobachtungsmaterial macht auf absolute Vollständigkeit keinen Anspruch, ist aber reichhaltig genug, um die Bewegung in beiden Coordinaten mit der wünschenswerthen Schärfe zu bestimmen, zumal da hier nur der Zeitraum von Frühjahr 1892 bis Frühjahr 1894 in Frage kommt. Bei der Ausgleichung der Beobachtungen habe ich in Anbetracht der systematischen Beobachtungsfehler der einzelnen Beobachter auf die Zahl der Abende, auf denen die verschiedenen Werthe beruhen, keine Rücksicht genommen, sondern allen Bestimmungen gleiches Gewicht gegeben. Nimmt man das Jahr als Einheit für die Zeit und 1860.0 als Ausgangspunkt, so erhält man nach der Methode der kleinsten Quadrate, wenn zunächst nur das der Zeit proportionale Glied berücksichtigt wird,

$$\begin{aligned} \Delta &= 19''.85 - 0''.0178\,t \\ &\quad \pm 0.072 \pm 0.00309 \\ p &= 54^\circ.77 + 0^\circ.2400\,t \\ &\quad \pm 0.151 \pm 0.00659\,. \end{aligned}$$

Der m. F. eines Δ findet sich zu $\pm 0''.283$, der eines p zu $\pm 0^\circ.622$.

Die nach dieser Ausgleichung in beiden Coordinaten übrig bleibenden Fehler habe ich des weiteren noch nach t^2 und t^3 ausgeglichen. Man würde dann als Zusatzglieder erhalten

$$\text{in } \Delta \quad + 0''.0129 \left(\frac{t}{10}\right)^2 - 0''.0013 \left(\frac{t}{10}\right)^3$$
$$\pm 0.0091 \qquad \pm 0.0027$$
$$\text{in } p \quad - 0^\circ.0208 \left(\frac{t}{10}\right)^2 + 0^\circ.0036 \left(\frac{t}{10}\right)^3$$
$$\pm 0.0204 \qquad \pm 0.0059\,.$$

Die m. F. einer Bestimmung gehen auf $\pm 0\overset{''}{.}257$ und $\pm 0\overset{\circ}{.}586$ herab, sind also nur unwesentlich kleiner.

Diesen Zusatzgliedern ist in Anbetracht der Unsicherheit ihrer Coëfficienten keine reelle Bedeutung beizulegen und genügt es, nur das in t multiplicirte Glied in beiden Coordinaten zu berücksichtigen.

Für 1893.0 — die Epoche, auf welche die mit dem Heliometer gewonnenen Distanzen reducirt sind — hat man dann

$$\varDelta = 19\overset{''}{.}26 \qquad p = 62\overset{\circ}{.}90\,.$$

Die jährlichen Aenderungen dieser Coordinaten sind $-0\overset{''}{.}0178$ und $+0\overset{\circ}{.}2400$.

Für den Zeitraum von 1892 bis 1894 kann man unbedenklich die Bewegung des Begleiters gegen den Hauptstern als gradlinig ansehen und erhält dann aus den obigen Coordinatenänderungen als jährlichen Betrag derselben $0\overset{''}{.}0826$.

Der Positionswinkel, unter dem diese Bewegung erfolgt, ist $165^{\circ}20'$.

Mit diesen Werthen erhält man für die Reductionen, welche an die pag. 219 gegebenen Distanzen xy und xz von Lal. 18115 seq. noch anzubringen sind,

$$xy\colon\ -0\overset{\mathrm{P}}{.}00177\,t \qquad xz\colon\ +0\overset{\mathrm{P}}{.}00188\,t.$$

Wollte man in der Bewegung des Begleiters um den Hauptstern das von $\left(\frac{t}{10}\right)^2$ abhängige Glied noch berücksichtigen, so würde man $-0\overset{\mathrm{P}}{.}00207\,t$ und $+0\overset{\mathrm{P}}{.}00218\,t$ erhalten. Die Unterschiede gegen die angenommenen Werthe sind für das Endresultat ohne jeden Belang.

Berücksichtigt man die obigen Reductionen, so erhält man nunmehr an Stelle der Werthe auf pag. 219 die nachstehenden.

			xy	xz	$xy + xz$	$xy - xz + c_g$
1892	März	25	203ᴾ5907	151ᴾ3406	351ᴾ9313	52ᴾ2493
		26	5864	3453	9317	2403
	April	17	5876	3389	9265	2486 Gew. ½
		19	5805	3393	9198	2421
		20	5831	3363	9194	2478
	Sept.	30	6060	3231	9291	2825
	Oct.	20	6089	3353	9442	2710
		26	6105	3301	9409	2779
	Nov.	6	5956	3085	9041	2903

			xy	xz	$xy + xz$	$xy - xz + c_s$
1893	April	5	203ᴾ5893	151ᴾ3417	354ᴾ9310	52ᴾ2469
		10	6009	3446	9455	2535
		13	5862	3362	9224	2506
		20	5899	3344	9243	2558 Gew. ½
		23	5853	3363	9216	2497
	Nov.	6	6031	3277	9308	2747
	Dec.	2	6086	3214	9300	2867
1894	Febr.	8	5853	3205	9058	2678 Gew. ½
		22	5954	3308	9262	2646
	April	7	5914	3322	9236	2596
		12	5795	3344	9139	2469
		23	5840	3344	9184	2508

Unter Berücksichtigung der Gewichte erhält man für das Mittel der Summen und der Differenzen

$$S_0 = 354^P 9263$$
$$D_0 = \quad 52.2601\,.$$

Die Reduction auf gleichen Scalenwerth c_s, die vorstehend bereits angebracht ist, ist durch die kleinen Correctionen nicht geändert worden.

Man erhält dann für Lal. 18115 seq. die nachfolgenden Bedingungsgleichungen, die unmittelbar mit den pag. 214 für Lal. 18115 prc. gegebenen verbunden und als ein Ganzes ausgeglichen werden können. u ist die an $D_0 = 52^P 2601$ noch anzubringende Verbesserung.

Bedingungsgleichungen	v
$u - 0.767\,v - 1.719\,x = -108$	− 10
$u - 0.764 - 1.736 = -198$	+ 78
$0.707\,u - 0.498 - 1.402 = -81$	− 16
$u - 0.699 - 1.991 = -180$	+ 42
$u - 0.696 - 1.995 = -123$	− 16
$u - 0.250 + 1.764 = +224$	− 43
$u - 0.195 + 1.962 = +109$	+ 00
$u - 0.178 + 1.976 = +178$	+ 22
$u - 0.148 + 1.947 = +302$	− 103
$u + 0.262 - 1.878 = -132$	+ 35
$u + 0.276 - 1.932 = -66$	− 36
$u + 0.284 - 1.956 = -95$	− 8
$0.707\,u + 0.214 - 1.410 = -30$	− 14
$u + 0.311 - 2.003 = -104$	− 2
$u + 0.850 + 1.920 = +146$	+ 84
$u + 0.922 + 1.607 = +266$	− 60

Bedingungsgleichungen				v
$0.707\,u$	$+ 0.783$	$- 0.340$	$= + 54$	$- 23$
u	$+ 1.146$	$- 0.931$	$= + 45$	$- 36$
u	$+ 1.267$	$- 1.898$	$= - 5$	$- 61$
u	$+ 1.280$	$- 1.947$	$= - 132$	$+ 62$
u	$+ 1.311$	$- 2.003$	$= - 93$	$+ 20$

Macht man die Gleichungen durch die nämlichen Substitutionen wie früher homogen, so ergeben sich schliesslich aus sämmtlichen 43 Bedingungsgleichungen die folgenden Normalgleichungen:

$$
\begin{aligned}
+ 20.9997\,x \qquad\qquad\qquad + 3.6138\,y - 6.7192\,z &= + 0.0120 \\
+ 19.4995\,u + 3.3099\,y - 6.4471\,z &= - 0.0205 \\
+ 3.6138\,x + 3.3099\,u + 12.3929\,y - 2.0885\,z &= + 1.7602 \\
- 6.7192\,x - 6.4471\,u - 2.0885\,y + 35.6762\,z &= + 16.8028
\end{aligned}
$$

Aus diesen folgt

$$
\begin{aligned}
x &= + 0^{p}.0045 \pm 0^{p}.00119 \\
u &= + 0.0046 \pm 0.00124 \\
v &= + 0.0033 \pm 0.00154 \\
\pi &= + 0.0081 \pm 0.00092
\end{aligned}
$$

oder

$$\pi = 0''.18 \pm 0''.020 .$$

Der m. F. einer Gleichung vom Gewicht Eins beträgt

$$\pm 0^{p}.00516 = \pm 0''.11 .$$

5. ϑ Ursae majoris.

Das Verhältniss der Halbachsen in der Ellipse, welche der Stern in Folge einer Parallaxe um seinen mittleren Ort im Laufe eines Jahres beschreibt, ist 10 : 6. Passende Vergleichsternpaare sind auch im weiteren Umkreise nur sehr spärlich vorhanden. Ein recht geeignetes Paar würden B.D. $+ 51^\circ 1536$ und B.D. $+ 52^\circ 1388$ ihrer Lage gegen ϑ Ursae majoris nach sein, jedoch erwies sich B.D. $+ 52^\circ 1388$, den die Durchmusterung als $9^m.2$ angiebt, auch für die Beobachtung im dunklen Felde als zu schwach, um jederzeit Messungen von der

erforderlichen Genauigkeit zu ermöglichen. Es blieb nur übrig, als Vergleichsterne anzunehmen

$$y = \text{B.D.} + 52^\circ 1389\ (6^m\!.7) \quad \text{und} \quad z = \text{B.D.} + 51^\circ 1536\ (7^m\!.5).$$

Der Unterschied der gemessenen Distanzen beträgt rund 50^p und die beiden durch die Vergleichsterne und durch ϑ Ursae majoris gelegten grössten Kreise bilden mit einander einen Winkel von 160°. Die Verhältnisse sind in diesem Falle also nur als mässig günstige zu bezeichnen. — Die Beobachtungen sind bei hellem Felde ausgeführt worden, und ϑ Ursae majoris wurde dabei jederzeit mit Gitter 2 abgeblendet.

Von den Vergleichsternen finden sich die folgenden auf das mittlere Aequinoctium 1893.0 reducirten Bestimmungen vor:

			Epoche	
$y = \text{B.D.} + 52^\circ 1389$				
	$9^h17^m30^s\!.09$	$+52^\circ\ 1'57''\!.9$	1790	Fedorenko 1496
	29.85	59.1	1811.3	Groombridge 1542
	30.23	60.8	1836	Rümker 2843
	30.22	58.2	$18\frac{43.8}{45.6}$	Radcliffe I 2323
	30.28	57.4	1871.3	A.G.C. Cambridge M. 3380
	30.20	57.2	1875.4	Romberg 2087
	30.41	57.3	1881	Königsberg M.K. (A.N. Bd. 105 pg. 183)
$z = \text{B.D.} + 51^\circ 1536$				
	$9^h35^m31^s\!.20$	$+51^\circ45'20''\!.4$	1860.7	B.B. VI
	31.39	18.7	1872.6	A.G.C. Cambridge M. 3457.

Eine Eigenbewegung ist nur bei der Rectascension von y angedeutet und im A.G.C. von Cambridge M. ist für dieselbe auch ein provisorischer Werth im Betrage von $+0^s\!.0060$ angegeben. Ich habe jedoch von dieser Angabe keinen Gebrauch gemacht und auch bei y in beiden Coordinaten die Eigenbewegung als verschwindend angenommen. Indessen deutet das Resultat der Ausgleichung der heliometrisch gemessenen Abstände von ϑ Ursae majoris gegen die Sterne y und z deutlich darauf hin, dass bei y eine Eigenbewegung in dem angegebenen Sinne sehr wahrscheinlich ist.

Der Rechnung sind die nachstehenden Positionen zu Grunde gelegt worden:

$y = 9^h17^m30^s\!.30 \ +52^\circ\ 1'57''\!.3$ (A.G.C. + Romberg + Königsberg M.K.

$z = 9\ 35\ 31.39 \ +51\ 45\ 18.7$ A.G.C.

Für ϑ Ursae majoris wurde nach dem Berliner Jahrbuche für 1893 angenommen

$$9^h 25^m 42^s.05 \quad +52^\circ 9' 52''.4 \quad \text{m. Aeq. } 1893.0\,.$$

Mit diesen Werthen erhält man für die Mitten der Distanzen, bezogen auf 1893.0, die folgenden zur Berechnung der Refraction nothwendigen Grössen

α_0	140° 23.′9	141° 39.′5
δ_0	+52 6.2	+51 58.0
p_0	84 0.8	105 8.5
Δ	4556.″8 = 209.ᵖ7	5642.″9 = 259.ᵖ7 .

Bei der Berechnung der Refraction brauchte auf das von Δ^3 abhängige Glied keine Rücksicht genommen zu werden, da dasselbe in keinem Falle den Betrag von 0^p0001 erreichte. Die mittlere Refraction wurde für die Zeiten der einzelnen Einstellungen der nachfolgenden, von 20^m zu 20^m direct berechneten und für die zwischenliegenden Argumente interpolirten Tabelle entnommen.

Mittlere Refraction.

t	xy	xz	t	xy	xz	t	xy	xz
$2^h\ 0^m$	0^p0652		$5^h\ 0^m$	0^p1048	0^p1065	$18^h\ 20^m$	0^p1039	0^p1602
10	0663		10	1083		30	1016	1540
20	0676	0^p0815	20	1119		40	0993	1480
30	0690	0827	30	1156		50	0970	1423
40	0705	0840	40	1195				
50	0721	0854				19 0	0947	1370
			16 20	1258		10	0925	1319
3 0	0739	0868	30	1250		20	0904	1271
10	0757	0882	40	1239		30	0883	1225
20	0777	0897	50	1225		40	0862	1182
30	0798	0913				50	0842	1142
40	0821	0929	17 0	1209	2207			
50	0844	0945	10	1191	2122	20 0	0822	1104
			20	1172	2039	10	0804	1069
4 0	0869	0962	30	1151	1959	20	0786	1035
10	0895	0979	40	1130	1882	30	0769	1004
20	0923	0996	50	1108	1807	40	0752	0975
30	0952	1013				50		0947
40	0983	1031	18 0	1085	1736			
50	1015	1048	10	1062	1667	21 0		0922

Die Correction für Aberration wurde nach den Ausdrücken

$$xy\colon\ (6.8728)\,C + (6.6823)\,D \qquad xz\colon\ (6.9598)\,C + (6.7843)\,D\,,$$

wo C und D die BESSEL'schen Tageseconstanten sind und ihre loga-

rithmisch angesetzten Coëfficienten schon in Scalentheilen ausgedrückt sind, für die betreffenden Stellen in viertägigen Intervallen berechnet und dann von Tag zu Tag interpolirt.

Für die Eigenbewegung von ϑ Ursae majoris wurde nach dem Berliner Jahrbuche angenommen

$$-0^{s}104 \qquad -0''56\,.$$

Im Bogen grössten Kreises ergiebt dies $1''109$ unter dem Positionswinkel $239^{\circ}40'$. An die gemessenen Distanzen sind demgemäss als Correctionen wegen Eigenbewegung pro Jahr anzubringen

$$xy:\ +0^{p}04619 \qquad xz:\ -0^{p}03640\,.$$

Als Reductionsepoche ist 1893.0 angenommen worden.

Die Grösse $\Sigma' c$ in der nun folgenden Zusammenstellung der Beobachtungen ist durchweg positiv.

Die gemessenen Abstände zwischen ϑ Ursae majoris und den Vergleichsternen y und z.

1892	Θ	G	Oes	P	R	S	K	K—S	Δ_g	Σc	RE	Δ_r	
Mai 8	$13^{h}47^{m}0$	v	10.10	II	3—2	2—3	+ 7.8	— 2.9	209.6789	533	— 299	209.7023	
	14 5.9				3—2	2—3	+ 7.5	— 2.9	259.6094	527	+ 235	259.6856	
	14 24.4			I	3—2	2—3	+ 7.3	— 2.8	259.6030	565	+ 235	259.6830	
	14 44.6				3—2	3	+ 7.1	— 2.8	209.6655	736	— 299	209.7092	
12	12 45.0	v	10.11	II	2	2	+ 12.0	— 2.2	259.6192	352	+ 231	259.6775	
	13 1.1				2	2	+ 11.6	— 2.3	209.6810	385	— 294	209.6901	
	13 21.6			I	2—3	2—3	+ 11.1	— 2.4	209.6890	439	— 294	209.7035	
	13 39.1				2—3	2—3	+ 10.7	— 2.5	259.6162	448	+ 231	259.6841	
13	12 21.0	v	10.20	I	3—2	3—2	+ 13.9	— 1.8	209.6985	202	— 292	209.6895	
	12 40.6				3—2	2—3	+ 13.4	— 2.0	259.6355	223	+ 230	259.6808	
	13 7.9			II	3—2	2—3	+ 12.7	— 2.2	259.6288	269	+ 230	259.6787	
	13 30.5				3—2	3—2	+ 12.1	— 2.4	209.6858	360	— 292	209.6926	
Nov. 5	2 59.1	f	10.00	II	3	3—2	+ 2.4	— 2.6	209.5810	1234	— 70	209.6974	a
	3 23.8				3	3—2	+ 2.0	— 2.8	259.4761	1890	+ 55	259.6706	a
	3 46.8			I	3	2—3	+ 1.7	— 3.0	259.4954	1729	+ 55	259.6738	a
	4 6.8				3—2	2—3	+ 1.3	— 3.2	209.6102	1071	— 70	209.7103	a
6	3 10.1	f	10.00	I	3	3	+ 3.4	— 2.1	209.5910	1199	— 68	209.7041	a
	3 39.2				3	3	+ 3.1	— 2.2	259.4091	1766	+ 54	259.6811	a
	4 4.0			II	3	3—2	+ 2.9	— 2.2	259.5156	1612	+ 54	259.6822	a
	4 21.3				2—3	2—3	+ 2.8	— 2.3	209.6060	1033	— 68	209.7025	a
10	3 22.4	f	10.00	II	2—3	2	+ 1.1	— 1.9	259.4742	1942	+ 50	259.6734	b
	3 39.6				2—3	2	+ 0.9	— 2.0	209.5748	1170	— 64	209.6854	b
	4 4.1			I	2—3	2	+ 0.5	— 2.3	209.5984	1109	— 64	209.7029	b
	4 25.0				2	2	+ 0.2	— 2.5	259.5150	1534	+ 50	259.6734	b

a) Heller Mondschein.
b) Mondschein, nebelig.

1892	Θ	G	Ocs	P	R	S	k	K—S	Δ_g	Σc	RE	Δ_r	
Nov. 17	4h 17m.7	f	10.00	I	2—3	2—3	— 1°.3	— 1°.8	259".5023	1595	+ 43	259".6661	
	4 37.3				3	3—2	— 1.5	— 1.9	209.5937	1044	— 55	209.6926	
	5 1.2			II	3	3—2	— 1.7	— 2.0	209.6169	992	— 55	209.7106	
	5 17.0				2—3	2—3	— 1.8	— 2.1	259.5287	1303	+ 43	259.6633	
18	3 22.3	f	10.00	II	3	3	— 2.3	— 2.0	259.4533	1972	+ 42	259.6547	
	3 38.9				3—2	3—2	— 2.6	— 2.0	209.5845	1195	— 54	209.6986	
	3 59.3			I	2—3	2—3	— 2.9	— 2.1	209.5857	1144	— 54	209.6947	
	4 16.2				2	2	— 3.2	— 2.2	259.5032	1619	+ 42	259.6693	
1893 April 25	11 27.8	v	10.15	II	2—3	2—3	+ 12.4	— 2.0	209.6469	172	+ 146	209.6787	c
	11 48.9				2—3	2—3	+ 11.9	— 2.2	259.6581	217	— 115	259.6683	c
	12 13.1			I	3—2	2—3	+ 11.2	— 2.5	259.6584	247	— 115	259.6716	c
	12 33.5				3—2	3—2	+ 10.7	— 2.7	209.6446	276	+ 146	209.6868	c
28	12 46.2	v	10.10	I	3—2	2	+ 7.4	— 1.7	209.6381	404	+ 150	209.6935	
	13 3.0				3—2	2	+ 6.8	— 2.0	259.6465	447	— 118	259.6794	
	13 22.9			II	2—3	2	+ 6.2	— 2.3	259.6520	478	— 118	259.6880	
	13 45.6				3—2	2—3	+ 5.4	— 2.6	209.6185	551	+ 150	209.6886	
Mai 8	12 34.8	v	10.10	II	2—3	2—3	+ 14.3	— 0.3	209.6292	349	+ 163	209.6804	
	12 51.3				3—2	3—2	+ 13.8	— 0.5	259.6543	388	— 128	259.6803	
11	12 15.2	v	10.15	II	2—3	2—3	+ 15.1	— 1.0	209.6410	247	+ 167	209.6824	d
	12 32.7				3—2	3—2	+ 14.3	— 1.4	259.6698	279	— 131	259.6846	d
	12 57.7			I	3	3	+ 13.3	— 1.8	259.6594	317	— 131	259.6780	d
	13 22.2				3	3	+ 12.2	— 2.3	209.6332	387	+ 167	209.6886	d
12	12 7.0	v	10.20	II	2—3	2	+ 15.5	— 0.6	259.6718	188	— 132	259.6774	
	12 21.9				2—3	2	+ 15.0	— 0.9	209.6485	209	+ 168	209.6862	
	12 39.8			I	2—3	2	+ 14.4	— 1.2	209.6578	243	+ 168	209.6989	
	12 55.2				3—2	2	+ 13.8	— 1.5	259.6625	250	— 132	259.6743	
Nov. 10	2 4.0	f	10.00	II	3—2	2	— 2.7	— 2.3	209.5129	1399	+ 398	209.6926	e
	2 27.3				3—2	2—3	— 3.0	— 2.3	259.4692	2448	— 314	259.6826	e
	2 51.8			I	2—3	2—3	— 3.3	— 2.4	259.4827	2233	— 314	259.6746	e
	3 15.7				3—2	2—3	— 3.6	— 2.4	209.5209	1263	+ 398	209.6870	e
Dec. 8	4 27.3	f	10.00	I	3—2	3—2	— 2.5	— 1.5	259.5462	1516	— 341	259.6637	f
	4 51.2				2—3	2—3	— 2.8	— 1.7	209.5490	993	+ 433	209.6916	f
	5 17.1			II	3—2	3—2	— 3.1	— 1.8	209.5590	939	+ 433	209.6962	f
	5 41.6				2—3	2—3	— 3.3	— 2.0	259.5778	1184	— 341	259.6621	f
1894 Jan. 25	5 2.4	f	10.00	I	3	3—2	— 0.5	— 1.7	259.5992	1157	— 389	259.6760	
	5 19.1				3—2	2—3	— 0.6	— 1.7	209.5553	785	+ 494	209.6832	
	5 36.9			II	2—3	2	— 0.7	— 1.8	209.5776	749	+ 494	209.7019	
	5 52.4				3—2	2—3	— 0.8	— 1.9	259.6071	966	— 389	259.6648	
29	4 51.4	f	10.00	II	3—2	2	+ 0.6	— 1.3	209.5562	830	+ 499	209.6891	
	5 9.3				2—3	2	+ 0.5	— 1.5	259.5984	1107	— 393	259.6698	
	5 29.5			I	2—3	2—3	+ 0.3	— 1.6	259.6085	1027	— 393	259.6719	
	5 50.1				2—3	2—3	+ 0.1	— 1.8	209.5658	708	+ 499	209.6865	
Mai 6	11 46.2	v	10.20	II	2	2	+ 11.5	— 2.2	259.7088	155	— 490	259.6753	
	12 6.5				3—2	2—3	+ 11.1	— 2.3	209.5985	181	+ 622	209.6788	
	12 29.9			I	2—3	2—3	+ 10.6	— 2.4	209.5891	224	+ 622	209.6737	
	12 52.3				2—3	2—3	+ 10.1	— 2.5	259.6956	254	— 490	259.6720	

c) Heller Mondschein.
d) Von der Mitte ab oft durch Wolken unterbrochen.
e) Zuletzt Wolken.
f) Einzelne Striche schwer abzulesen, Scalen leicht beschlagen.

1894	Θ	G	Ocs	P	R	S	K	K—S	$\varDelta_g$	Σc	RE	$\varDelta_r$	
Mai 8	$12^h 17^m.0$	v	10.20	II	3—2	2—3	+ 12°.8	— 1°.6	209″.5942	203	+ 624	209″.6769	g
	12 37.9				3—2	3—2	+ 12.3	— 2.0	259.7065	216	— 492	259.6789	
	12 57.2			I	2	2	+ 11.9	— 2.3	259.7038	253	— 492	259.6799	
	13 13.6				2—3	2—3	+ 11.5	— 2.6	209.5915	313	+ 624	209.6852	
9	12 27.9	v	10.20	I	3—2	3—2	+ 15.7	— 1.8	209.5927	192	+ 625	209.6744	h
	12 45.7				3	3	+ 15.0	— 2.1	259.7001	203	— 493	259.6711	
	13 4.9			II	3	3	+ 14.3	— 2.4	259.6924	233	— 493	259.6664	
	13 22.9				3	3—2	+ 13.6	— 2.7	209.5873	312	+ 625	209.6810	
15	12 49.0	v	10.30	I	3—2	2	+ 19.2	— 2.4	209.6029	89	+ 633	209.6751	h
	13 10.9				3—2	2	+ 18.8	— 2.4	259.7214	68	— 499	259.6783	
	13 35.7			II	3	2	+ 18.4	— 2.5	259.7155	111	— 499	259.6767	
	13 57.8				3—2	2—3	+ 18.0	— 2.5	209.5919	271	+ 633	209.6823	
16	13 16.3	v	10.30	II	3	2—3	+ 20.3	— 2.4	259.7040	56	— 500	259.6596	
	13 32.2				3	2—3	+ 19.9	— 2.4	209.6011	187	+ 635	209.6833	

g) Mondschein, von der Mitte ab Wolken.
h) Heller Mondschein.

Die Beobachtungen sind als gleichwerthig anzusehen bis auf die beiden vom 8. Mai 1893 und 16. Mai 1894, denen nur halbes Gewicht zu ertheilen ist, da sie nur in einer Stellung des Positionskreises erhalten sind.

Für die Positionswinkel an x hat man

$$xy:\ 264°49'.4 \qquad xz:\ 104°10'.1$$

und hiermit ergiebt sich für die Parallaxe der beiden gemessenen Distanzen

$$xy:\quad 0.9256\, R\,\pi \cos(\odot - 232°21'.7)$$
$$xz:\quad 0.9933\, R\,\pi \cos(\odot - \ \ 40°27'.8)\,.$$

Der Einfluss der Parallaxe auf die Summe und die Differenz der beiden gemessenen Distanzen stellt sich dann dar in der Form

$$xy + xz:\quad 0.2099\, R\,\pi \cos(\odot - 335°\ \ 5'.8)$$
$$xz - xy:\quad 1.9086\, R\,\pi \cos(\odot - \ \ 46°12'.1)\,.$$

Der Einfluss auf die Differenz der Distanzen ist am stärksten zu Anfang Mai und November. Im Frühjahr sind die nöthigen Beobachtungen immer leicht zu beschaffen gewesen, im Herbst war das nicht der Fall, und es mussten das eine Mal die Beobachtungen bis gegen Ende Januar ausgedehnt werden, wodurch das Gewicht für diese Beobachtungsperiode erheblich vermindert wurde.

Ein Ueberblick der Werthe von $xz - xy$ zeigt, dass die Parallaxe von ϑ Urs. maj. etwa 0″.1 betragen kann; wegen des grossen Unter-

schiedes der Positionswinkel war daher eine Berücksichtigung ihres Einflusses auf die Summen der Distanzen erforderlich. Aus einer Ueberschlagsrechnung erhält man $\pi = 0^p.0045$. Mit diesem Werthe ist die Verbesserung der Summen ausgeführt worden; im Maximum erreicht dieselbe jedoch nur den Betrag von $0^p.0008$.

Im Mittel ergiebt sich aus allen 22 Beobachtungsabenden unter Berücksichtigung der Gewichte

$$S_0 = 469^p.3652$$
$$D_0 = \quad 49.9837$$

und somit hat man für die Reduction der Werthe $xz - xy$ auf einen gemeinsamen Scalenwerth den Ausdruck

$$c_s = 0.1065\,(S_0 - S)\,.$$

Das Maximum der Correction c_s beträgt $0^p.0027$.

Die Abendmittel der gemessenen Distanzen und ihre reducirten Summen und Differenzen sind im Nachstehenden zusammengestellt.

			xy	xz	$xy + xz$	$xz - xy + c_s$
1892	Mai	8	$209^p.7057$	$259^p.6843$	$469^p.3903$	$49^p.9759$
		12	6968	6808	3778	9827
		13	6910	6797	3709	9881
	Nov.	5	7038	6722	3757	9673
		6	7033	6816	3846	9762
		10	6941	6734	3672	9791
		17	7016	6647	3662	9630
		18	6966	6620	3585	9661
1893	April	25	6827	6699	3531	9885
		28	6910	6837	3751	9916
	Mai	8	6804	6803	3610	50.0003 Gew. $\frac{1}{2}$
		11	6855	6813	3670	49.9956
		12	6925	6758	3685	9829
	Nov.	10	6898	6786	3681	9885
	Dec.	8	6939	6629	3570	9699
1894	Jan.	25	6925	6704	3637	9781
		29	6878	6708	3594	9836
	Mai	6	6762	6736	3501	9976
		8	6810	6794	3607	9989
		9	6777	6687	3467	9930
		15	6787	6775	3564	9997
		16	6833	6596	3431	9787 Gew. $\frac{1}{2}$

Die reducirten Differenzen der Distanzen führen zu den folgenden Bedingungsgleichungen, die durchweg auf gleiches Gewicht gebracht sind und in denen 0ᵖ0001 als Einheit für das unbenannte Glied angenommen ist.

Bedingungsgleichungen	v
$x - 0.647e + 1.926\pi = - 78$	$+ 76$
$x - 0.636 + 1.917 = - 10$	$+ 7$
$x - 0.633 + 1.914 = + 44$	$- 46$
$x - 0.151 - 1.889 = - 164$	$+ 31$
$x - 0.148 - 1.890 = - 75$	$- 58$
$x - 0.138 - 1.886 = - 46$	$- 76$
$x - 0.118 - 1.857 = - 207$	$+ 77$
$x - 0.116 - 1.851 = - 176$	$+ 46$
$x + 1.317 + 0.890 = + 48$	$+ 5$
$x + 0.325 + 1.907 = + 79$	$- 25$
$0.707\,x + 0.250 + 1.362 = + 117$	$- 77$
$x + 0.361 + 1.921 = + 119$	$- 62$
$x + 0.363 + 1.918 = - 8$	$+ 65$
$x + 0.862 - 1.887 = + 48$	$- 121$
$x + 0.938 - 1.612 = - 138$	$+ 80$
$x + 1.069 - 0.336 = - 56$	$+ 60$
$x + 1.080 - 0.204 = - 1$	$+ 11$
$x + 1.346 + 1.927 = + 139$	$- 24$
$x + 1.352 + 1.926 = + 152$	$- 36$
$x + 1.354 + 1.925 = + 93$	$+ 23$
$x + 1.371 + 1.908 = + 160$	$- 44$
$0.707\,x + 0.972 + 1.345 = - 35$	$+ 117$

Durch die Substitutionen

$$y = 1.371\,e$$
$$z = 1.927\,\pi$$

und Einführung von 207 als Einheit für die rechten Seiten sind die Bedingungsgleichungen homogen gemacht worden. Durch Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate erhält man aus ihnen die Normalgleichungen

$$20.9996\,x + 6.5757\,y + 4.9727\,z = -0.0920$$
$$6.5757\,x + 7.4891\,y + 3.2329\,z = +2.7520$$
$$4.9727\,x + 3.2329\,y + 18.3065\,z = +7.3363\,.$$

Die Elimination der Unbekannten und Wiedereinführung von e und π ergiebt

$$x = -0^{\mathrm{P}}0045 \pm 0^{\mathrm{P}}00172$$
$$e = +0.0059 \pm 0.00289$$
$$\pi = +0.0042 \pm 0.00163$$

oder

$$\pi = +0''091 \pm 0''035 .$$

Die Summe der Fehlerquadrate beträgt 0.000835 und der mittlere Fehler der Gewichtseinheit findet sich zu

$$\pm 0^{\mathrm{P}}00663 = \pm 0''144 .$$

Des weiteren sind die Beobachtungen entsprechend den Beobachtungsperioden zu fünf Normalorten zusammengezogen worden. Man erhält dann folgende Gleichungen

$$x - 0.639\,e + 1.919\,\pi = -15$$
$$x - 0.134\,e - 1.875\,\pi = -134$$
$$0.941\,x + 0.323\,e + 1.800\,\pi = +71$$
$$x + 0.987\,e - 1.010\,\pi = -37$$
$$0.941\,x + 1.279\,e + 1.806\,\pi = +102 ,$$

aus denen sich nach den Substitutionen

$$y = 1.279\,e$$
$$z = 1.919\,\pi$$

und Einführung von 134 als Einheit für das unbenannte Glied nach der Methode der kleinsten Quadrate die Normalgleichungen ergeben

$$4.7710\,x + 1.3458\,y + 1.2649\,z = -0.1730$$
$$1.3458\,x + 1.9198\,y + 0.3745\,z = +0.8426$$
$$1.2649\,x + 0.3745\,y + 3.9967\,z = +2.2237 .$$

Hieraus folgt

$$x = -0^{\mathrm{P}}0048 \pm 0^{\mathrm{P}}00095$$
$$e = +0.0060 \pm 0.00144$$
$$\pi = +0.0043 \pm 0.00094$$

oder

$$\pi = +0''093 \pm 0''020 .$$

Die einzelnen Normalorte lassen im Sinne »Rechn. — Beob.« der Reihe nach die Fehler übrig

$$+0\overset{p}{.}0012 \quad -0\overset{p}{.}0003 \quad -0\overset{p}{.}0020 \quad +0\overset{p}{.}0005 \quad +0\overset{p}{.}0008$$

und der m. F. eines Normalortes, der auf 3 bis 5 Abenden beruht, findet sich zu $\pm 0\overset{p}{.}00179 = \pm 0\overset{''}{.}039$.

Die Unbekannten x, e und π folgen, wie zu erwarten war, aus beiden Auflösungen gleich; hingegen ergiebt die zweite Auflösung die mittleren Fehler derselben wesentlich kleiner, etwa halb so gross wie bei der directen Auflösung der Bedingungsgleichungen. Da die Normalorte nur zwei überschüssige Gleichungen ergeben, haben jedoch die aus ihnen berechneten Fehler der Unbekannten keine reelle Bedeutung. Die Kleinheit der Fehler beruht in diesem Falle auf dem Umstande, dass innerhalb mehrerer Normalorte die ursprünglichen Beobachtungsfehler sich zum grössten Theile compensiren.

Wie schon am Eingange des Abschnittes auseinandergesetzt wurde, ist die aus der Ausgleichung folgende Correction wegen Eigenbewegung $e = +0\overset{p}{.}0059 = +0\overset{''}{.}13$ im Wesentlichen wohl auf das Vorhandensein einer Eigenbewegung bei dem Vergleichsterne y zurückzuführen.

6. β Comae Berenices.

Das Verhältniss der Halbachsen in der von β Comae beim Vorhandensein einer Parallaxe beschriebenen Ellipse ist 10 : 5; der Spielraum für die Richtungen, innerhalb deren die Wirkung der Parallaxe beträchtlich ist, ist mithin nur ein mässiger. In den beiden Sternen B.D. $+28^\circ 2207$ und B.D. $+28^\circ 2184$ finden sich jedoch zwei in jeder Hinsicht passende Vergleichsterne, an welche daher auch β Comae angeschlossen wurde. Beide Vergleichsterne sind etwa $8\overset{m}{.}5$ und hätten daher bei der Beobachtung eine schwache Feldbeleuchtung noch vertragen; da aber β Comae mit Gitter 2 abgeblendet werden musste und in den Wintermonaten, in welche die eine parallaktische Elongation fällt, in den Morgenstunden die Luftbeschaffenheit häufig viel zu wünschen übrig lässt und die Sternbilder zerfahren erscheinen,

sind die Beobachtungen von β Comae im dunkeln Felde ausgeführt worden.

Bezogen auf 1892.0 liegen von den Vergleichsternen die folgenden Bestimmungen vor:

y = B.D. + 28°2207 ($8^m\!.5$)		Epoche	
$13^h12^m49^s\!.90$	$+28°1'34''\!.9$	1829.3	Weisse 202
50.02	26.8	1890.4	Leipzig M.K.
z = B.D. + 28°2184 ($8^m\!.4$)			
$13^h1^m39^s\!.11$	$+28°47'14''\!.0$	1829.3	Weisse 1180
39.62	10.3	1878.5	Romberg 2960
39.67	8.9	1890.4	Leipzig M.K.

Bei beiden Sternen ist eine Eigenbewegung angedeutet. Dieselbe beruht aber nur auf den Positionen von Bessel und ist keineswegs sicher verbürgt. Bei y liegt es sehr nahe, einen Fehler von 10″ im Catalogort von Weisse zu vermuthen; nachzuweisen ist ein solcher jedoch nicht. Gerechnet wurde mit

$$y = 13^h12^m50^s\!.02 \quad +28°1'26''\!.8 \quad \text{Leipzig M.K.}$$
$$z = 13\ \ 1\ \ 39.64 \quad +28\ 47\ \ 9.6 \quad \tfrac{1}{2}(\text{Romberg} + \text{Leipzig M.K.}).$$

Für x wurde nach dem Berliner Jahrbuche für 1892 angenommen

$$x = 13^h\ 6^m50^s\!.04 \quad +28°25'32''\!.5\,.$$

Mit diesen Oertern ergiebt sich für die Mitten der Distanzen

	xy	xz
α_0	197°27′.6	196° 3′.8
δ_0	+ 28 13.5	+ 28 36.4
p_0	106 53.7	107 36.4
Δ	4973″.0 = 228ᴾ.9	4288″.5 = 197ᴾ.4

Die Berechnung der Refraction gestaltete sich dadurch etwas umständlicher, dass dieselbe für die grössten Stundenwinkel, in denen beobachtet werden musste, sich so stark ändert, dass sie von 5^m zu 5^m tabulirt werden musste und auch dann bei der Interpolation häufig noch die zweiten Differenzen zu berücksichtigen waren.

Mittlere Refraction.

t	xy	xz	t	xy	xz	t	xy	xz
0^h 0^m	0^p0650	0^p0561	5^h 0^m	0^p1023	0^p0863	20^h 20^m	0^p1195	0^p1030
10	0646	0558	10	1065	0897	25		1004
20	0643	0555	20	1111		30	1135	0979
30	0641	0553				35		0955
40	0640	0552	18 0	3541		40	1081	0933
50	0640	0552	5	3351		50	1033	0891
			10	3178				
1 0	0641	0553	15	3018		21 0	0989	0853
10	0643	0554	20	2871		10	0949	0819
20	0646	0557	25	2734		20	0913	0788
30	0650	0560	30	2608	2237	30	0881	0760
40	0654	0564	35	2490	2137	40	0851	0735
50	0660	0568	40	2381	2044	50	0824	0712
			45	2279	1957			
2 0	0667	0574	50	2184	1876	22 0	0800	0691
10	0674	0580	55	2095	1801	10	0779	0672
20	0683	0587				20	0759	0655
30	0693	0595	19 0	2012	1730	30	0741	0640
40	0703	0604	5	1935	1664	40	0725	0626
50	0715	0614	10	1862	1602	50	0711	0614
			15	1794	1544			
3 0	0729	0625	20	1730	1489	23 0	0698	0603
10	0743	0637	25	1670	1438	10	0687	0593
20	0759	0650	30	1613	1389	20	0677	0585
30	0776	0664	35	1560	1343	30	0668	0577
40	0795	0679	40	1510	1300	40	0661	0571
50	0816	0696	45	1462	1260	50	0655	0565
			50	1417	1221			
4 0	0838	0714	55		1185			
10	0862	0734						
20	0889	0756	20 0	1335	1151			
30	0918	0779	5		1118			
40	0950	0805	10	1261	1087			
50	0984	0833	15		1058			

In Scalentheilen ausgedrückt hat man für die Correction wegen Aberration

$$xy:\; -(5.8172)\,C + (6.9696)\,D \qquad xz:\; -(5.5276)\,C + (6.9071)\,D\,.$$

C und *D* sind die Bessel'schen Tagesconstanten; ihre Coëfficienten sind logarithmisch angesetzt.

Die Eigenbewegung von β Comae beträgt nach dem Berliner Jahrbuche

$$-0^s060 \qquad +0''90\,.$$

Dies ergiebt im Bogen grössten Kreises $1''198$. Für 1892.0 geht die Eigenbewegung im Positionswinkel $318^\circ 40'$ vor sich. Für

die an die gemessenen Distanzen zur Reduction auf die gemeinsame Epoche 1892.0 anzubringende Correction findet man hieraus

$$xy\colon\ -0\overset{p}{.}04671 \qquad xz\colon\ +0\overset{p}{.}04741\ .$$

In der nun folgenden Zusammenstellung der Beobachtungen sind nur die negativen Werthe von Σc mit dem Zeichen versehen.

Die gemessenen Abstände zwischen β Comae Ber. und den Vergleichsternen y und z.

1890	Θ	G	Ocs	P	R	S	K	K−S	Δ_y	Σc	RE	Δ_r	
Mai 17	16ʰ 0ᵐ.4	v	10.30	I	2—3	2	+ 12″.6	— 3″.0	228″.7459	49	+ 758	228″.8266	
	16 24.6				2—3	2—3	+ 12.3	— 3.0	197.4032	75	— 769	197.3338	
	16 52.8			II	2—3	2—3	+ 11.9	— 3.0	197.4073	120	— 769	197.3424	
	17 14.9				3—2	3—2	+ 11.6	— 3.1	228.7532	190	+ 758	228.8480	
18	14 37.9	v	10.30	II	2	2—1	+ 15.0	— 2.6	197.4032	— 32	— 768	197.3232	
	14 58.9				2	2	+ 14.7	— 2.6	228.7784	— 21	+ 757	228.8520	
	15 20.4			I	2—3	2	+ 14.4	— 2.6	228.7596	— 3	+ 757	228.8350	
	15 42.2				2	2	+ 14.2	— 2.5	197.4186	17	— 768	197.3435	
19	14 23.7	v	10.30	I	2	2	+ 15.3	— 2.1	228.7622	— 32	+ 756	228.8346	
	14 40.8				2	2	+ 15.0	— 2.1	197.4100	— 22	— 767	197.3311	
	15 0.7			II	2	2	+ 14.7	— 2.1	197.4174	— 10	— 767	197.3397	
	15 26.0				3—2	3	+ 14.3	— 2.1	228.7652	12	+ 756	228.8420	
24	14 54.2	v	10.30	II	2	2—1	+ 14.3	— 2.8	228.7678	— 29	+ 749	228.8398	
	15 17.5				2	2	+ 14.0	— 2.8	197.4202	— 11	— 760	197.3431	
	15 39.9			I	2	2	+ 13.6	— 2.7	197.4064	11	— 760	197.3315	
	16 0.2				2	2	+ 13.4	— 2.7	228.7505	39	+ 749	228.8293	
27	14 23.4	v	10.30	II	3—2	3—2	+ 11.2	— 1.9	197.4267	0	— 757	197.3510	a
	14 47.6				2—3	3—2	+ 10.7	— 2.2	228.7734	10	+ 746	228.8490	
	15 13.9			I	3	2	+ 10.1	— 2.5	228.7664	26	+ 746	228.8436	
	15 42.4				3	2—3	+ 9.5	— 2.8	197.4041	42	— 757	197.3326	
Juni 3	15 6.5	v	10.20	II	2—3	2—1	+ 14.2	— 2.2	228.7638	88	+ 737	228.8463	b
	15 26.4				2—3	2—1	+ 13.8	— 2.3	197.4213	91	— 748	197.3556	
	15 47.9			I	2—3	2—1	+ 13.3	— 2.3	197.4111	114	— 748	197.3477	
	16 26.4				2—3	2—1	+ 12.4	— 2.4	228.7426	188	+ 737	228.8351	
25	15 44.8	v	10.20	II	2	2	+ 15.7	— 2.0	228.7595	97	+ 709	228.8401	c
	16 6.2				2	2	+ 15.3	— 2.1	197.4074	110	— 719	197.3465	
	16 29.9			I	2	2	+ 14.8	— 2.1	197.3933	144	— 719	197.3358	
	16 48.9				2	2	+ 14.5	— 2.2	228.7334	198	+ 709	228.8241	
Juli 2	16 56.5	v	10.20	II	2	2	+ 15.9	— 1.0	228.7368	224	+ 700	228.8292	d
	17 15.9				2	3—2	+ 15.5	— 1.1	197.3692	234	— 710	197.3216	
	17 37.2			I	2	2	+ 15.2	— 1.3	197.3607	281	— 710	197.3178	
	17 57.9				—	—	+ 14.8	— 1.4	228.7161	391	+ 700	228.8252	

a) Mondschein sehr störend.

b) Mondschein. Die Bilder waren sehr scharf, aber unruhig; zuweilen verschwanden die Sterne, wahrscheinlich waren ausser Wolken am Monde noch fliegende Wolken vorhanden.

c) Mondnähe sehr störend; einzelne Wolken.

d) Mondschein.

1890	θ	G	Ges	P	R	S	K	K—S	J_g	Σc	RE	J_r	
Dec. 15	9h 55m.1	f	9.90	—	2	2	— 14°.1	— 3°.0	228".6282	1438	+ 487	228".8207	e
	10 20.4				2	2	— 14.1	— 3.0	197.2658	1123	— 494	197.3287	
1891													
Jan. 2	7 27.7	f	9.90	I	3—2	3—2	— 9.5	— 2.1	228.4197	3446	+ 464	228.8107	f
	7 49.2				3	3	— 9.5	— 2.1	197.1602	2354	— 471	197.3485	
29	8 46.3	f	10.00	I	2—3	2	+ 0.7	— 1.3	228.6426	1688	+ 430	228.8544	
	9 7.7				2	2—3	+ 0.6	— 1.4	197.2832	1239	— 436	197.3635	
	9 30.3			II	2	2	+ 0.4	— 1.5	197.2843	1104	— 436	197.3511	
	9 51.5				2	2	+ 0.2	— 1.6	228.6806	1193	+ 430	228.8429	
Febr. 8	9 32.1	f	10.00	II	2	2	— 3.1	— 1.9	197.2699	1109	— 423	197.3385	
	9 54.0				2	2	— 3.2	— 1.9	228.6733	1199	+ 417	228.8349	
	10 18.4			I	2	2	— 3.4	— 1.8	228.6866	1090	+ 417	228.8373	
	10 39.4				2	2	— 3.5	— 1.8	197.3028	856	— 423	197.3461	
10	9 14.1	f	10.00	II	2	2	— 4.5	— 3.2	228.6635	1433	+ 414	228.8482	
	9 33.9				[illegible]	2	— 4.6	— 3.0	197.2825	1086	— 420	197.3491	
	9 57.2			I	2	[illegible]	— 4.8	— 2.7	197.2922	985	— 420	197.3487	
	10 24.6				2	2	— 4.9	— 2.5	228.7083	1059	+ 414	228.8556	
April 19	11 4.6	f	10.00	II	2	2—3	+ 5.5	— 1.1	197.3366	535	— 332	197.3569	g
	11 25.4				2	2	+ 4.8	— 1.4	228.7604	590	+ 327	228.8521	
23	11 41.8	f	10.10	I	2—3	3	+ 6.8	— 1.9	228.7619	407	+ 322	228.8348	h
	12 5.2				3—2	3	+ 6.4	— 1.9	197.3477	314	— 327	197.3464	
	12 26.8			II	2—3	2	+ 6.1	— 2.0	197.3509	296	— 327	197.3478	
	12 56.9				2	2	+ 5.6	— 2.1	228.7704	332	+ 322	228.8418	
24	12 52.4	f	10.10	I	1	1	+ 4.9	— 2.6	197.3417	275	— 326	197.3366	
	13 12.4				1	1	+ 4.7	— 2.6	228.7819	318	+ 321	228.8458	
	13 34.8			II	1	1	+ 4.4	— 2.5	228.7857	317	+ 321	228.8495	
	14 7.1				1	1	+ 3.9	— 2.5	197.3571	273	— 326	197.3518	
Juni 17	14 59.8	v	10.10	I	2	2	+ 11.6	— 1.9	228.7896	190	+ 252	228.8338	
	15 21.1				2	2—3	+ 11.2	— 2.0	197.3416	181	— 256	197.3341	
	15 42.6			II	2	2—3	+ 10.7	— 2.0	197.3466	203	— 256	197.3413	
	16 3.7				2	2	+ 10.2	— 2.1	228.7944	263	+ 252	228.8459	
23	15 34.5	v	10.30	II	3	2	+ 21.0	— 1.6	228.8175	— 88	+ 244	228.8331	i
	15 55.3				3—2	2—3	+ 20.5	— 1.7	197.3712	— 53	— 248	197.3411	
	16 20.7			I	2—3	2—3	+ 19.8	— 1.9	197.3582	— 23	— 248	197.3311	
	16 42.3				2—3	3	+ 19.3	— 2.0	228.8082	9	+ 244	228.8335	
28	16 0.4	v	10.30	II	2—1	2—1	+ 20.7	— 1.5	197.3617	— 44	— 241	197.3332	
	16 19.5				2—1	2—1	+ 20.1	— 1.8	228.8234	— 29	+ 238	228.8443	
	16 41.9			I	2—1	2—1	+ 19.5	— 2.1	228.8188	5	+ 238	228.8431	
	17 3.5				2—1	2—1	+ 18.9	— 2.4	197.3561	41	— 241	197.3361	

e) Das Uhrwerk geht nicht, trotzdem alle 10 Scheiben verwendet sind. Kälte beim Beobachten sehr störend.

f) Das Uhrwerk geht mit 10 Scheiben trotz Erwärmens nur sehr langsam.

g) Mondschein, der ganze Himmel leicht überzogen; am Schlusse trübe.

h) Mondschein sehr störend, namentlich bei der ersten Hälfte; einzelne Wolken.

i) Einzelne leichte Wolken ziehen während der ganzen Zeit vorbei; am Schlusse umwölkt es sich immer mehr.

1891	Θ	G	Ocs	P	R	S	K	K—S	Δ_g	Σc	RE	Δ_r	
Juli 16	16h 43m.4	v	10.30	II	2	2	+ 20°.2	— 1°.7	197p.3618	20	— 218	197p.3420	
	17 3.4				2—3	2—3	+ 19.8	— 1.9	228.8109	57	+ 215	228.8381	k
	17 24.0			I	3—2	2—3	+ 19.4	— 2.0	228.8003	107	+ 215	228.8325	
	17 44.8				2—3	2—3	+ 18.9	— 2.1	197.3312	147	— 218	197.3241	
18	16 55.3	v	10.31	II	2	2	+ 21.9	— 1.0	228.8152	40	+ 213	228.8405	
	17 15.6				2—3	3—2	+ 21.3	— 1.3	197.3489	75	— 216	197.3348	l
	17 43.2			I	3—2	3	+ 20.4	— 1.6	197.3440	140	— 216	197.3364	
	18 14.3				3—2	2—3	+ 19.5	— 2.0	228.7767	267	+ 213	228.8247	
Dec. 20	10 45.4	f	9.90	II	2	2	— 7.2	— 2.4	228.7282	1195	+ 14	228.8491	
	11 7.8				2	2	— 7.4	— 2.5	197.2636	966	— 14	197.3588	m
	11 33.3			I	2	2—3	— 7.6	— 2.7	197.2667	916	— 14	197.3569	
	12 4.4				2	3	— 7.8	— 2.8	228.7294	1019	+ 14	228.8327	
28	8 44.9	f	10.00	II	2—3	2—3	— 0.8	— 1.6	228.6717	1736	+ 4	228.8457	n
	9 17.1				3	3	— 0.7	— 1.5	197.2445	1214	— 4	197.3655	
1892 Jan. 18	8 19.2	f	9.90	II	2	2	— 7.4	— 2.1	228.6169	2253	— 23	228.8399	
	8 40.1				2—3	2—3	— 7.6	— 2.1	197.2190	1647	+ 23	197.3860	m
	9 5.1			I	2—2	2—3	— 7.9	— 2.2	197.2204	1442	+ 23	197.3669	
	9 25.7				2—3	2—3	— 8.2	— 2.2	228.6973	1563	— 23	228.8513	
Febr. 21	9 40.5	f	10.00	II	2	2—3	+ 1.7	— 1.4	228.7543	1163	— 66	228.8640	
	10 2.3				2—3	3—2	+ 1.8	— 1.3	197.2812	884	+ 67	197.3763	
	10 30.9			I	2—3	3—2	+ 1.8	— 1.2	197.2836	792	+ 67	197.3695	
	10 53.6				2	2	+ 1.9	— 1.1	228.7752	871	— 66	228.8557	
24	9 41.1	f	10.06	II	2—3	3—2	+ 3.1	— 1.3	228.7563	1083	— 70	228.8576	
	10 0.2				2	2	+ 2.9	— 1.4	197.2758	823	+ 71	197.3652	
	10 28.2			I	2	2	+ 2.7	— 1.4	197.2864	732	+ 71	197.3667	
	11 0.1				2	2	+ 2.5	— 1.5	228.7787	775	— 70	228.8492	
25	9 16.1	f	10.00	II	2—3	2—3	+ 2.2	— 1.5	197.2378	1101	+ 73	197.3552	
	9 36.6				2—3	2—3	+ 2.0	— 1.5	228.7403	1184	— 71	228.8516	
	10 0.3			I	2—3	2—3	+ 1.7	— 1.6	228.7522	1058	— 71	228.8509	
	10 20.8				2—3	2—3	+ 1.5	— 1.6	197.2585	818	+ 73	197.3476	
März 4	9 32.9	f	9.90	II	2—1	2—1	— 6.0	— 2.7	197.2294	1137	+ 83	197.3514	
	9 52.5				2	2—1	— 6.1	— 2.7	228.7303	1248	— 82	228.8469	
	10 15.4			I	2	2	— 6.3	— 2.6	228.7403	1145	— 82	228.8466	
	10 38.0				2	2	— 6.5	— 2.6	197.2436	895	+ 83	197.3414	
30	11 1.1	f	10.10	II	2	2	+ 2.4	— 2.5	197.3021	508	+ 117	197.3646	
	11 21.2				2—3	2—3	+ 2.1	— 2.5	228.8207	562	— 114	228.8655	
	11 44.9			I	2—3	2—3	+ 1.9	— 2.5	228.8121	520	— 114	228.8527	
	12 6.8				2	2	+ 1.6	— 2.5	197.2879	414	+ 117	197.3410	
April 3	11 8.6	f	10.20	I	2	2	+ 9.6	— 2.0	228.8336	397	— 120	228.8613	
	11 27.6				2	2—3	+ 9.1	— 2.1	197.3031	299	+ 122	197.3452	m
	11 50.0			II	2	2	+ 8.5	— 2.3	197.3168	269	+ 122	197.3559	
	12 4.8				2	2	+ 8.1	— 2.3	228.8405	307	— 120	228.8592	
4	10 59.9	f	10.20	II	2	2—3	+ 10.7	— 1.9	197.3058	334	+ 123	197.3515	
	11 16.9				2—3	3—2	+ 10.3	— 2.0	228.8271	367	— 121	228.8517	m
	11 35.8			I	2	2	+ 9.8	— 2.1	228.8284	332	— 121	228.8495	
	11 52.3				2	2—3	+ 9.4	— 2.2	197.3057	254	+ 123	197.3434	

k) Mondschein; einzelne Wölkchen ziehen vorüber.

l) Mondschein; Messungen wegen Schwäche der Objecte häufig recht schwierig.

m) Mondschein.

n) Fast alles nur durch Wolken erlangt.

1892	Θ	G	Oes	P	R	S	k	k−S	Δ_g	Σc	RE	Δ_r	
Mai 24	15h 8m.0	v	10.26	II	2—3	2	+ 17°0	— 2°6	197p3421	— 21	+ 188	197p3588	
	15 31.7				2—3	2	+ 16.6	— 2.6	228.8704	— 1	— 185	228.8518	
	15 57.5			I	3—2	3—2	+ 16.2	— 2.5	228.8585	32	— 185	228.8432	
	16 26.1				2—3	2—3	+ 15.8	— 2.5	197.3054	67	+ 188	197.3309	
Juni 8	14 17.1	v	10.20	II	2	2	+ 17.9	— 1.7	228.8688	13	— 205	228.8496	
	14 33.4				2	2	+ 17.4	— 1.7	197.3283	20	+ 208	197.3511	o
	14 55.2			I	2	2	+ 16.8	— 1.8	197.3263	33	+ 208	197.3504	
	15 12.3				2	2	+ 16.4	— 1.9	228.8663	51	— 205	228.8509	
19	15 10.9	v	10.27	II	2	3—2	+ 17.5	— 1.6	197.3232	— 33	+ 222	197.3421	
	15 29.3				2	2	+ 16.8	— 1.9	228.8849	— 24	— 219	228.8606	
	15 46.4			I	2	2—3	+ 16.2	— 2.1	228.8715	— 6	— 219	228.8490	
	16 7.5				2	3—2	+ 15.4	— 2.5	197.3151	19	+ 222	197.3392	
24	15 38.3	v	10.26	II	2—3	2	+ 15.6	— 1.7	228.8801	10	— 225	228.8586	
	15 54.7				2	2	+ 15.3	— 1.8	197.3225	26	+ 228	197.3479	
	16 12.3			I	2	2	+ 14.9	— 1.9	197.3188	48	+ 228	197.3464	
	16 30.8				2	2	+ 14.6	— 2.1	228.8699	78	— 225	228.8552	
Juli 9	16 27.6	v	10.26	I	2	2	+ 19.4	— 2.3	228.8846	31	— 244	228.8633	
	16 44.1				2	2	+ 18.9	— 2.6	197.3256	51	+ 248	197.3555	
	17 1.6			II	2	2—3	+ 18.4	— 2.8	197.3039	81	+ 248	197.3368	
	17 17.0				2	2	+ 17.9	— 3.1	228.8655	123	— 244	228.8534	
11	16 26.0	v	10.26	II	2	2	+ 18.2	— 2.1	228.8783	39	— 247	228.8575	
	16 43.1				2	2	+ 17.7	— 2.3	197.3007	61	+ 250	197.3318	
	17 0.1			I	2	2	+ 17.1	— 2.5	197.3039	91	+ 250	197.3380	
	17 16.4				2	2	+ 16.6	— 2.7	228.8513	140	— 247	228.8406	
1893 März 23	10 42.0	f	10.10	II	2	2—3	+ 7.5	— 1.4	228.8416	650	— 573	228.8493	
	11 5.3				2—3	2—3	+ 7.3	— 1.4	197.2582	492	+ 582	197.3656	
	11 28.9			I	2—3	2—3	+ 7.2	— 1.4	197.2503	451	+ 582	197.3536	
	11 48.7				2	2	+ 7.1	— 1.4	228.8567	505	— 573	228.8499	
24	10 4.3	f	10.10	II	2	2	+ 8.4	— 1.8	197.2386	641	+ 583	197.3610	
	10 20.0				2	2	+ 8.1	— 1.8	228.8461	711	— 574	228.8598	
	10 41.1			I	2	2	+ 7.8	— 1.9	228.8441	640	— 574	228.8507	
	11 1.1				2	2	+ 7.5	— 2.0	197.2511	488	+ 583	197.3582	
25	10 49.9	f	10.00	I	2	2	+ 2.5	— 2.6	197.2260	639	+ 584	197.3483	
	11 7.8				2	2	+ 2.3	— 2.5	228.8511	717	— 575	228.8653	
	11 30.4			II	2	2	+ 2.2	— 2.5	228.8500	669	— 575	228.8594	
	11 53.8				2	2	+ 2.0	— 2.4	197.2484	536	+ 584	197.3604	
26	9 13.6	f	10.00	I	2	2—3	+ 3.9	— 1.6	228.7762	1238	— 577	228.8423	
	9 30.0				2	2—3	+ 3.4	— 1.8	197.2033	932	+ 585	197.3550	p
	9 48.6			II	2	2—3	+ 2.8	— 2.0	197.2186	844	+ 585	197.3615	
	10 4.9				2	2—3	+ 2.3	— 2.2	228.8078	932	— 577	228.8433	
27	10 29.5	f	10.00	I	2	2	+ 2.2	— 3.1	228.8377	807	— 578	228.8606	
	10 43.1				2	2	+ 1.9	— 3.1	197.2293	642	+ 587	197.3522	
	11 1.8			II	2	2	+ 1.6	— 3.2	197.2447	600	+ 587	197.3634	
	11 19.8				2	2	+ 1.2	— 3.2	228.8438	675	— 578	228.8535	

o) **Mondschein.**

p) **Mondschein, einzelne Wolken.**

Mit den Positionswinkeln an x

$$xy\colon\ 106^\circ 32'.3 \qquad xz\colon\ 287^\circ 54'.9$$

erhält man für den Betrag der Parallaxe von β Comae in den beiden gemessenen Distanzen

$$\begin{aligned} xy&\colon\quad 0.9885\, R\,\pi \cos(\odot - 98^\circ 29'.0) \\ xz&\colon\quad 0.9913\, R\,\pi \cos(\odot - 277^\circ 43'.8)\,. \end{aligned}$$

Der Einfluss der Parallaxe auf Summe und Differenz der gemessenen Distanzen ergiebt sich aus den Ausdrücken

$$\begin{aligned} xy + xz&\colon\quad 0.0133\, R\,\pi \cos(\odot - 200^\circ 25'.8) \\ xy - xz&\colon\quad 1.9797\, R\,\pi \cos(\odot - 98^\circ\ 6'.4)\,. \end{aligned}$$

$xy - xz$ erreicht sein Maximum am 30. Juni, sein Minimum am 30. December. Die Beobachtungen hätten daher auf die Zeiten von Mitte Juni bis Mitte Juli einerseits und von Mitte December bis Mitte Januar andererseits beschränkt werden sollen. Da indessen für die Zeit der Winterelongation nur äusserst schwierig Material zu beschaffen war, wurden sie auch auf die übrige Zeit der Sichtbarkeit von β Comae ausgedehnt. Das Gewicht für die Bestimmung von π ist hierdurch allerdings ganz erheblich herabgedrückt worden.

Aus sämmtlichen Beobachtungsabenden ergeben sich für Summe und Differenz der Distanzen folgende Mittelwerthe:

$$\begin{aligned} S_0 &= 426^{\mathrm{p}}.1928 \\ D_0 &= 31.4983\,. \end{aligned}$$

Die Verbesserung der einzelnen Summen wegen Parallaxe würde selbst für eine Parallaxe von 0''.2 im Maximum erst 0^p^.0001 betragen, ist daher völlig zu vernachlässigen.

Für die Reduction auf gleichen Scalenwerth hat man den Ausdruck

$$c_s = 0.0739\,(S_0 - S)\,.$$

Die früher schon mitgetheilten Beobachtungen führen zu den nachfolgenden Abendwerthen der Distanzen nebst deren Summen und den auf einen gemeinsamen Scalenwerth reducirten Differenzen.

			xy	xz	$xy + xz$	$xy - xz + c_2$
1890	Mai	17	228°8373	197°3381	426°1754	31°5005
		18	8435	3333	1768	5114
		19	8383	3354	1737	5043
		24	8345	3373	1718	4988
		27	8463	3418	1881	5048
	Juni	3	8407	3516	1923	4891
		25	8321	3411	1732	4924
	Juli	2	8272	3197	1469	5109
	Dec.	15	8207	3287	1494	4952 Gew. ½
1891	Jan.	2	8107	3485	1592	4647 Gew. ½
		29	8486	3573	2059	4903
	Febr.	8	8361	3423	1784	4949
		10	8519	3489	2008	5024
	April	19	8521	3569	2090	4940 Gew. ½
		23	8383	3471	1854	4917
		24	8476	3442	1918	5035
	Juni	17	8398	3377	1775	5032
		23	8333	3361	1694	4989
		28	8437	3346	1783	5102
	Juli	16	8353	3330	1683	5041
		18	8326	3356	1682	4988
	Dec.	20	8409	3578	1987	4827
		28	8457	3655	2112	4788 Gew. ½
1892	Jan.	18	8456	3764	2220	4670
	Febr.	21	8598	3729	2327	4840
		24	8534	3659	2193	4855
		25	8512	3514	2026	4991
	März	4	8467	3464	1931	5003
		30	8591	3528	2119	5049
	April	3	8602	3505	2107	5084
		4	8506	3474	1980	5028
	Mai	24	8475	3448	1923	5027
	Juni	8	8502	3507	2009	4989
		19	8548	3406	1954	5140
		24	8569	3471	2040	5090
	Juli	9	8583	3461	2044	5113
		11	8490	3349	1839	5148
1893	März	23	8496	3596	2092	4888
		24	8552	3596	2148	4940
		25	8623	3543	2166	5062
		26	8428	3582	2010	4840
		27	8570	3578	2148	4976

Die Grössen $xy - xz$ liefern die nachfolgenden Bedingungsgleichungen, die sämmtlich auf gleiches Gewicht gebracht sind und in denen 0°0001 die Einheit für die rechte Seite der Gleichung bildet.

Bedingungsgleichungen	v
$x - 1.623\,e + 1.509\,\pi = + 22$	$+ 11$
$x - 1.621 + 1.530 = + 131$	$- 97$
$x - 1.618 + 1.551 = + 60$	$- 25$
$x - 1.604 + 1.654 = + 5$	$+ 35$
$x - 1.596 + 1.709 = + 65$	$- 22$
$x - 1.577 + 1.822 = - 92$	$+ 141$
$x - 1.517 + 2.008 = - 59$	$+ 119$
$x - 1.498 + 2.010 = + 126$	$- 65$
$0.707\,x - 0.737 - 1.337 = - 22$	$- 75$
$0.707\,x - 0.703 - 1.372 = - 238$	$+ 139$
$x - 0.920 - 1.658 = - 80$	$- 43$
$x - 0.893 - 1.454 = - 34$	$- 79$
$x - 0.887 - 1.408 = + 41$	$- 151$
$0.707\,x - 0.496 + 0.513 = - 30$	$+ 33$
$x - 0.690 + 0.852 = - 66$	$+ 76$
$x - 0.687 + 0.884 = + 52$	$- 40$
$x - 0.539 + 1.970 = + 49$	$+ 21$
$x - 0.523 + 2.001 = + 6$	$+ 66$
$x - 0.509 + 2.012 = + 119$	$- 46$
$x - 0.460 + 1.935 = + 58$	$+ 12$
$x - 0.455 + 1.916 = + 5$	$+ 64$
$x - 0.030 - 1.923 = - 156$	$+ 31$
$0.707\,x - 0.006 - 1.376 = - 137$	$+ 47$
$x + 0.049 - 1.827 = - 313$	$+ 194$
$x + 0.142 - 1.131 = - 143$	$+ 61$
$x + 0.150 - 1.046 = - 128$	$+ 50$
$x + 0.153 - 1.018 = + 8$	$- 84$
$x + 0.175 - 0.776 = + 20$	$- 83$
$x + 0.246 + 0.089 = + 66$	$- 83$
$x + 0.257 + 0.224 = + 101$	$- 111$
$x + 0.260 + 0.258 = + 45$	$- 54$
$x + 0.397 + 1.664 = + 44$	$+ 23$
$x + 0.438 + 1.893 = + 6$	$+ 73$
$x + 0.468 + 1.987 = + 157$	$- 73$
$x + 0.482 + 2.007 = + 107$	$- 21$
$x + 0.523 + 1.983 = + 130$	$- 44$
$x + 0.528 + 1.970 = + 165$	$- 80$
$x + 1.227 - 0.158 = - 95$	$+ 78$
$x + 1.229 - 0.125 = - 43$	$+ 28$
$x + 1.232 - 0.090 = + 79$	$- 93$
$x + 1.235 - 0.058 = - 143$	$+ 131$
$x + 1.238 - 0.022 = - 7$	$- 3$

Diese Gleichungen sind durch die Substitutionen

$$y = 1.623\,e$$
$$z = 2.012\,\pi$$

und durch Einführung von 313 als Einheit für das unbenannte Glied

homogen gemacht und nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen worden. Man erhält dann als Normalgleichungen

$$\begin{aligned}
+ 39.9993\,x - 6.2789\,y + 11.0432\,z &= + 0.0196 \\
- 6.2789\,x + 13.3537\,y - 5.4063\,z &= - 0.3986 \\
+ 11.0432\,x - 5.4063\,y + 22.4733\,z &= + 6.2347\,.
\end{aligned}$$

Hieraus findet sich schliesslich

$$\begin{aligned}
x &= - 0^{\text{P}}.0025 \pm 0^{\text{P}}.00142 \\
e &= + 0.0013 \pm 0.00240 \qquad \Sigma vv = 0.002613 \\
\pi &= + 0.0052 \pm 0.00192
\end{aligned}$$

oder in Winkelmaass

$$\pi = + 0''.11 \pm 0''.042\,.$$

Für den m. F. eines Abendwerthes vom Gewicht 1 erhält man

$$\pm 0''.18\,.$$

Eine Auflösung der ursprünglichen Bedingungsgleichungen unter Bildung von Normalorten erscheint nicht angezeigt, da die Coëfficienten von π innerhalb der nämlichen Beobachtungsperiode zu sehr an Grösse verschieden sind.

7. Lalande 27298.

Dieses Object hatte zwar ursprünglich einen Theil des Beobachtungsprogrammes gebildet, es musste aber von einer weiteren Verfolgung desselben abgesehen werden, da bereits im zweiten Beobachtungsjahre nicht die ausreichenden Beobachtungen für dasselbe gesichert werden konnten. Da immerhin zu erwarten war, dass das geringe vorliegende Material wenigstens sicheren Aufschluss darüber geben könne, ob Lalande 27298 eine grössere Parallaxe besitze, habe ich die Beobachtungen nicht unbenutzt gelassen.

Die Auswahl passender Vergleichsterne bot keine Schwierigkeiten, zumal da das Verhältniss der Halbachsen in der parallaktischen Ellipse 9 : 10 ist. Die benutzten Vergleichsterne sind

$$y = \text{B.D.} + 53^{\circ}1752\ (8^{\text{m}}6) \quad \text{und} \quad z = \text{B.D.} + 54^{\circ}1713\ (9^{\text{m}}0)\,.$$

Die Beobachtungen sind ohne Feldbeleuchtung ausgeführt und bei Messung der Distanz *xz* ist *x* mit Gitter 1 abgeblendet worden.

Auf das mittlere Aequinoctium für 1890.0 reducirt hat man für die Vergleichsterne die folgenden Bestimmungen:

		Epoche	
y = B.D. + 53°1752			
$14^h53^m34^s.73$	$+53°50'\ 7''.4$	1841.4	Arg.-Oeltzen 14992
35.03	50 0.8	1872.4	A.G.C. Cambridge M. 4649
34.86	49 58.9	1890.4	Leipzig M.K.
34.94	49 56.8	1892.4	Leipzig M.K.
z = B.D. + 54°1713			
$14^h50^m13^s.46$	$+54°27'46''.6$	1873.5	A.G.C. Cambridge M. 4633
13.23	48.2	1890.4	Leipzig M.K.
13.35	46.0	1892.4	Leipzig M.K.

Bei *y* ist in Declination eine Eigenbewegung deutlich ausgesprochen, die auch in Cambridge bereits erkannt und zu $-0''.305$ angegeben ist. Gleicht man die obigen vier Bestimmungen aus, so erhält man für dieselbe $-0''.182$. Bei der Reduction meiner Beobachtungen habe ich nur die ihnen zeitlich sehr nahe liegenden Leipziger Meridianbestimmungen benutzt mit Berücksichtigung der Eigenbewegung in Declination für *y* im Betrage von $-0''.18$. Für Lal. 27298 habe ich den Ort nach Porter angenommen. Die der Rechnung zu Grunde gelegten Oerter sind demnach die folgenden:

$$\left.\begin{array}{llll} y = & 14^h53^m34^s.90 & +53°49'58''.1 \\ x = & 14\ 52\ \ 3.51 & +54\ \ 6\ 37.6 \\ z = & 14\ 50\ 13.29 & +54\ 27\ 47.1 \end{array}\right\} \text{m. Aeq. } 1890.0$$

Für die Mitten der Distanzen ergiebt sich hieraus

	xy	xz
α_0	223°12'.3	222°47'.2
δ_0	+ 53 58.3	+ 54 17.3
p_0	141 7.1	142 42.2
Δ	$1284''.2 = 59^p.1$	$1594''.7 = 73^p.4$

Die mittlere Refraction wurde der folgenden Tafel entnommen.

Mittlere Refraction.

t	xy	xz	t	xy	xz	t	xy	xz
$2^h\ 0^m$	0^p0171		$6^h\ 40^m$	0^p0166		$16^h\ 0^m$	0^p0812	
10	0172	0^p0213	50	0167		10	0764	
20	0172	0213				20	0720	0^p0877
30	0173	0214	7 0	0169	0^p0212	30	0677	0825
40	0173	0214	10	0171	0216	40	0637	0776
50	0173	0214	20	0174	0221	50	0599	0730
			30	0179	0227			
3 0	0173	0214	40	0185	0236	17 0	0564	0687
10	0174	0215	50	0192	0246	10	0531	0647
20	0174	0215				20	0500	0609
30	0174	0214	8 0	0202	0259	30	0471	0574
40	0174	0214	10	0213	0275	40	0444	0541
50	0173	0214	20	0227	0294	50		0511
			30	0244	0316			
4 0	0173	0214	40	0263	0342	18 0		0483
10	0173	0213	50	0286		10		0457
20	0172					20		0433
30	0172		9 0	0313				
40	0171							

Für die Correction wegen Aberration hat man

$$xy:\ -(5.1717)\,C+(6.0893)\,D \qquad xz:\ -(5.1967)\,C+(6.1825)\,D.$$

C und D sind die Bessel'schen Tagesconstanten; die logarithmisch angesetzten Coëfficienten sind in Scalentheilen ausgedrückt.

Die Eigenbewegung von Lalande 27298 beträgt nach Porter

$$-0.110 \qquad +0''.48\,.$$

Im Bogen grössten Kreises findet sich hieraus 1″.080; der Positionswinkel der Eigenbewegung ist für 1890.0 296°23′.5. Berücksichtigt man noch die für den Vergleichstern y in Declination gefundene Eigenbewegung im Betrage von −0″.18, so sind an die gemessenen Distanzen pro Jahr als Correctionen wegen Eigenbewegung anzubringen

$$xy:\ -0^p05163 \qquad xz:\ +0^p04448\,.$$

Als Reductionsepoche ist 1890.0 gewählt.

Die erhaltenen Messungen sind nachfolgend zusammengestellt. Die Summe der Correctionen Σc ist durchgehends positiv.

Die gemessenen Distanzen zwischen Lalande 27298 und den Vergleichsternen y und z.

1890	Θ	G	Oc	P	R	S	K	K—S	Δ_0	Σr	RE	Δ_r	
Mai 23	17ʰ 17ᵐ.4	v	10.30	II	2—3	2—3	+ 14″.1	— 2″.0	73″.3560	28	+ 175	73″.3763	
	17 43.7				2	2	+ 13.6	— 2.2	59.1351	24	— 203	59.1172	a
	18 8.0			I	2	2	+ 13.2	— 2.4	59.1356	24	— 203	59.1177	
	18 26.3				2	2	+ 12.9	— 2.5	73.3464	28	+ 175	73.3667	
27	17 34.8	v	10.30	II	2—3	2—3	+ 8.3	— 2.8	73.3511	38	+ 180	73.3729	
	17 58.2				3	2—3	+ 8.1	— 2.8	59.1349	32	— 209	59.1172	b
	18 17.7			I	3	2	+ 7.8	— 2.9	59.1203	33	— 209	59.1087	
	18 34.6				3—2	3—2	+ 7.6	— 3.0	73.3532	38	+ 180	73.3750	
Juni 1	16 57.4	v	10.20	II	3	3	+ 8.1	— 2.5	59.1357	59	— 216	59.1200	
	17 19.9				3	3	+ 7.5	— 2.6	73.3431	75	+ 186	73.3692	c
	17 44.1			I	3—2	3	+ 6.8	— 2.9	73.3468	75	+ 186	73.3729	
	18 3.9				3—2	2—3	+ 6.3	— 3.0	59.1311	63	— 216	59.1158	
4	17 19.5	v	10.30	II	2	2	+ 15.7	— 2.4	59.1273	14	— 220	59.1067	
	17 40.6				2	2	+ 15.3	— 2.5	73.3462	17	+ 189	73.3668	d
	18 0.1			I	2	2	+ 15.0	— 2.6	73.3507	17	+ 189	73.3713	
	18 18.2				2	2	+ 14.7	— 2.7	59.1300	14	— 220	59.1094	
25	17 35.2	v	10.20	II	2	2	+ 13.7	— 2.3	59.1255	45	— 249	59.1051	
	17 54.5				2	2—3	+ 13.4	— 2.4	73.3328	56	+ 215	73.3599	
	18 15.9			I	2	2—3	+ 13.1	— 2.4	73.3405	58	+ 215	73.3678	
	18 34.6				2	2	+ 12.8	— 2.5	59.1276	47	— 249	59.1074	
Juli 1	18 4.4	v	10.20	II	3—2	3—2	+ 14.0	— 1.8	59.1304	45	— 258	59.1091	
	18 25.4				3	3	+ 13.5	— 2.1	73.3281	56	+ 222	73.3559	e
	18 52.5			I	3—2	3	+ 12.8	— 2.5	73.3422	53	+ 222	73.3697	
	19 9.8				3	3	+ 12.3	— 2.8	59.1387	43	— 258	59.1172	
Dec. 10	8 24.2	f	9.90	II	2	2—3	— 6.2	— 1.7	59.0928	543	— 487	59.0984	f
	9 0.0				2	3	— 6.6	— 1.8	73.2614	546	+ 420	73.3580	
27	7 2.8	f	9.90	I	2	3	— 9.0	0.4	59.0571	1114	— 511	59.1174	
	7 23.0				2	2—3	— 9.2	— 0.6	73.2136	1237	+ 440	73.3813	g
	7 47.1			II	2	3	— 9.5	— 0.9	73.2402	1115	+ 440	73.4047	
	8 9.4				2	2	— 9.7	— 1.1	59.0954	835	— 511	59.1278	
1891 Nov. 29	21 42.2	v	10.00	I	2	3—2	+ 1.2	— 1.5	59.1910	172	— 987	59.1095	
	22 2.8				2	3—2	+ 0.8	— 1.8	73.2535	222	+ 850	73.3607	
	22 24.2			II	2	3	+ 0.3	— 2.0	73.2623	237	+ 850	73.3710	
	22 45.7				2	2	— 0.2	— 2.3	59.1959	200	— 987	59.1172	
Dec. 8	22 24.8	v	10.10	I	2—3	2	+ 5.4	— 0.7	59.1994	153	—1000	59.1147	
	22 44.0				3	3	+ 5.3	— 0.7	73.2714	218	+ 861	73.3793	h
	23 6.6			II	3—2	3	+ 5.2	— 0.8	73.2526	252	+ 861	73.3639	
	23 25.6				3	3	+ 5.1	— 0.8	59.1935	224	—1000	59.1159	

a) Namentlich im Anfange äusserst unbequeme Stellung des Beobachters.
b) Die Bilder variirten die ganze Nacht hindurch sehr stark, und mussten die günstigsten Momente abgepasst werden.
c) Vollmond; für xz Mond **sehr** störend.
d) Mondschein, z sehr schwach.
e) Am Schlusse wolkig.
f) z wegen Schwäche nur mit äusserster Mühe zu beobachten; wurde plötzlich trübe.
g) Mondschein, Sterne furchtbar verwaschen.
h) Meist durch Wolkenlücken beobachtet.

1890 Dec. 10 kann nur halbes Gewicht erhalten, da nur in einer Stellung des Positionskreises gemessen worden ist.

Mit den Positionswinkeln an x

$$xy:\ 140^\circ 57'.8 \quad \text{und} \quad xz:\ 322^\circ 53'.3$$

ergiebt sich für die Parallaxe in Distanz

$$\begin{aligned} xy: &\quad 0.9979\, R\,\pi \cos(\odot - \ 88^\circ 15'.1) \\ xz: &\quad 0.9970\, R\,\pi \cos(\odot - 266^\circ 30'.3)\,. \end{aligned}$$

Für den Einfluss der Parallaxe auf die Summe und die Differenz der gemessenen Distanzen hat man dann die Ausdrücke

$$\begin{aligned} xy + xz: &\quad 0.0304\, R\,\pi \cos(\odot - 175^\circ 28'.5) \\ xz - xy: &\quad 1.9947\, R\,\pi \cos(\odot - 267^\circ 22'.7)\,. \end{aligned}$$

Schon die wenigen erhaltenen Beobachtungen zeigen, dass eine Parallaxe von nennenswerthem Betrage nicht vorhanden sein kann. Selbst für den Werth einer solchen von $0^p.020$ ($= 0''.4$) würde die Verbesserung der Summen $xy + xz$ wegen Parallaxe im Maximum nur $0^p.0006$ erreichen, so dass von der Berücksichtigung einer solchen Correction durchweg abgesehen werden konnte.

Unter Berücksichtigung der Gewichte erhält man aus allen 10 Beobachtungsabenden

$$\begin{aligned} S_0 &= 132^p.4839 \\ D_0 &= \ \ 14.2574\,. \end{aligned}$$

Für die an die direct gemessenen $xz - xy$ zur Reduction auf einen gemeinsamen Scalenwerth anzubringende Correction hat man sonach den Ausdruck

$$c_s = 0.1076\,(S_0 - S)\,.$$

Der Maximalbetrag von c_s ist $0^p.0034$.

Stellt man die Abendwerthe der gemessenen Distanzen nebst ihren Summen und ihren auf gleichen Scalenwerth reducirten Differenzen zusammen, so erhält man die nachstehenden Werthe.

			xy	xz	$xy+xz$	$xz-xy+c_2$
1890	Mai	23	59p1174	73p3715	132p4889	14p2536
		27	1129	3739	4868	2607
	Juni	1	1179	3710	4889	2526
		4	1080	3690	4770	2617
		25	1062	3638	4700	2591
	Juli	1	1131	3628	4759	2506
	Dec.	10	0984	3580	4564	2626 Gew. $\frac{1}{2}$
		27	1226	3930	5156	2670
1891	Nov.	29	1133	3658	4791	2530
	Dec.	8	1153	3716	4869	2560

Nimmt man 0p0001 als Einheit an, so führen die vorstehenden Werthe von $xz - xy + c_2$ zu den folgenden auf gleiches Gewicht gebrachten Bedingungsgleichungen.

Bedingungsgleichungen	v
$x + 0.393\,e - 1.837\,\pi = -\ 38$	+ 37
$x + 0.404 \quad - 1.891 \quad = +\ 33$	− 38
$x + 0.418 \quad - 1.945 \quad = -\ 48$	+ 40
$x + 0.426 \quad - 1.971 \quad = +\ 43$	− 53
$x + 0.483 \quad - 2.014 \quad = +\ 17$	− 36
$x + 0.500 \quad - 1.979 \quad = -\ 68$	+ 49
$0.707\,x + 0.667 \quad + 1.374 \quad = +\ 37$	+ 23
$x + 0.990 \quad + 1.938 \quad = +\ 96$	− 17
$x + 1.912 \quad + 1.846 \quad = -\ 44$	+ 15
$x + 1.936 \quad + 1.928 \quad = -\ 14$	− 14

Führt man die Substitutionen

$$y = 1.936\,e$$
$$z = 2.014\,\pi$$

ein und nimmt für die rechten Seiten 100 als Einheit an, so ergiebt die Ausgleichung der Bedingungsgleichungen die Normalgleichungen

$$+9.4998\,x + 4.0981\,y - 2.4595\,z = +0.0316$$
$$+4.0981\,x + 2.6644\,y + 1.2814\,z = -0.1064$$
$$-2.4595\,x + 1.2814\,y + 8.7166\,z = +1.2163\,.$$

Hieraus folgt schliesslich

$$x = +0^p0115 \pm 0^p00474$$
$$e = -0.0113 \pm 0.00894 \qquad \Sigma vv = 0.000122$$
$$\pi = +0.0039 \pm 0.00298$$

oder

$$\pi = +0''08 \pm 0''065\,.$$

Der m. F. einer Bedingungsgleichung vom Gewichte 1 ergiebt sich zu ± 0."091. Der auffallend kleine Betrag dieses m. F. ist wahrscheinlich nur der geringen Anzahl von Messungen zuzuschreiben, aus denen er hergeleitet ist.

8. Resultate.

Die für die einzelnen Sterne gefundenen jährlichen Parallaxen stelle ich nachfolgend zusammen. Bei Lal. 18115 führe ich neben den für die beiden Componenten unabhängig von einander gefundenen Werthen auch das durch Zusammenfassen des ganzen Beobachtungsmaterials unter Voraussetzung der gleichen Parallaxe bei beiden Componenten gefundene Resultat mit auf. Lal. 27298 habe ich ebenfalls mit angeführt, weise aber hier nochmals ausdrücklich darauf hin, dass bei dem dürftigen Material der gefundene Werth nicht als wirkliche Bestimmung der Parallaxe angesehen werden kann, sondern nur den Nachweis erbringen soll, dass dieser Stern keine erhebliche Parallaxe besitzt.

	π	Lichtzeit	m. F. einer Gleichung
η Cassiopejae	+ 0."18 ± 0."030	18 Jahre	± 0."15
μ Cassiopejae	+ 0.13 ± 0.037	25 »	± 0.16
Lalande 15290	+ 0.02 ± 0.043	163 »	± 0.16
Lalande 18115 prc.	+ 0.18 ± 0.027	18 »	± 0.11
Lalande 18115 seq.	+ 0.18 ± 0.032	18 »	± 0.12
Lalande 18115 med.	+ 0.18 ± 0.020	18 »	± 0.11
ϑ Ursae majoris	+ 0.09 ± 0.035	36 »	± 0.14
β Comae Berenices	+ 0.11 ± 0.042	30 »	± 0.18
Lalande 27298	+ 0.08 ± 0.065	41 »	± 0.09

Vergleicht man diese Resultate mit den bereits früher für Bradley 3077, Arg.-Oeltzen 10603 und 31 Aquilae mitgetheilten, so sieht man, dass die zu den gefundenen Parallaxen gehörigen m. F. hier erheblicher sind als bei den erwähnten drei Sternen. Es könnte daher den Anschein gewinnen, als ob die Genauigkeit der hier mitgetheilten Beobachtungen eine weit geringere sei als die der bereits veröffentlichten. Die für den m. F. einer Gleichung vom Gewichte Eins angeführten Werthe zeigen jedoch, dass dies keineswegs der

Fall ist, und dass in allen zum Zwecke der Parallaxenbestimmung ausgeführten Distanzmessungen wesentlich der nämliche Grad von Genauigkeit erreicht worden ist. Im Durchschnitte ergiebt sich der m. F. einer Gleichung d. h. einer auf einem vollständigen Beobachtungssatze beruhenden und auf gleichen Scalenwerth reducirten Bestimmung der Grösse $xy - xz$ zu $\pm 0''.14$; in der ersten Serie hat dieser m. F. genau den nämlichen Betrag. Das Auftreten eines stärkeren m. F. bei den Parallaxen der zweiten Serie, die aus diesen Grössen $xy - xz$ hergeleitet sind, findet seine Erklärung in zwei Ursachen. Die hier mitgetheilten Beobachtungsreihen sind zum Theil erheblich kürzere als die der ersten Serie, und ferner ist es nicht immer möglich gewesen, die Beobachtungen nur auf die Zeiten der grössten parallaktischen Verschiebung gegen die Vergleichsterne zu beschränken, wie es programmmässig hätte geschehen sollen. Um nicht einzelne Reihen wegen Ungunst der Witterung ganz zu verlieren, machte es sich nöthig, auch zu Zeiten zu beobachten, in denen der Einfluss der parallaktischen Verschiebung auf die Differenz der Distanzen nur ein geringer war. Bei η Cassiopejae war zwar von vornherein beabsichtigt, die Beobachtungen nicht nur auf das parallaktische Maximum und Minimum zu beschränken, hier musste aber die Beobachtungsreihe vorzeitig abgeschlossen werden wegen der in Cooperation mit Capstadt und New Haven ausgeführten Iris-Beobachtungen. Diese Umstände erklären es zur Genüge, warum bei gleicher Grösse des m. F. der Gewichtseinheit in beiden Serien sich in der zweiten Serie das Gewicht, mit welchem die Parallaxe sich aus den Bedingungsgleichungen ergiebt, erheblich kleiner gefunden wird als in der ersten Serie. Ich muss schliesslich noch darauf hinweisen, dass die hier angegebenen Fehler mittlere sind. Dieser Umstand ist nicht ohne Belang für eine richtige Beurtheilung der hier erzielten Genauigkeit im Vergleich mit Bestimmungen von anderer Seite, da es gewöhnlich gebräuchlich ist, die wahrscheinlichen Fehler anzusetzen.

Bei den Parallaxen der ersten Serie zeigen die Summen der Distanzen, die Grössen $xy + xz$, Schwankungen, die einen mit der Temperatur parallelen Verlauf zu haben scheinen. Aehnliche Schwankungen sind auch bei einzelnen der hier veröffentlichten Reihen mehr oder weniger deutlich ausgesprochen, während andere dieselben in keiner Weise erkennen lassen. Ich habe nunmehr das gesammte vor-

liegende Material dazu benutzt, diese Schwankungen ihrem Charakter nach näher zu untersuchen.

Wie die Beobachtungen des Normalbogens gezeigt haben, sind innerhalb des hier in Betracht kommenden Zeitraumes mit der Zeit fortschreitende Aenderungen des Scalenwerthes ausgeschlossen; die Beobachtungen können daher innerhalb einer jeden Reihe unbedenklich in beliebiger Weise gruppirt werden. Von der Discussion fernzuhalten sind die Beobachtungen von ϑ Ursae majoris, da der Verdacht einer Eigenbewegung bei dem einen der Vergleichsterne vorliegt und die Wahrscheinlichkeit einer solchen durch das Auftreten eines deutlichen Ganges in den Summen der Distanzen vermehrt wird. Ein Gleiches gilt für Lalande 27298, von welchem Sterne überhaupt nur ein spärliches Material vorliegt. — Berücksichtigt sind durchweg nur die Beobachtungen vom Gewichte Eins.

Zunächst habe ich für jede Reihe den m. F. einer Bestimmung von $xy + xz$ abgeleitet, indem die Schwankungen innerhalb der einzelnen Reihen als wirkliche Beobachtungsfehler aufgefasst werden. Nachfolgend sind die Reihen nach der Grösse von $xy + xz$ geordnet.

	$xy + xz$	ε_1	ε_2
Bradley 3077	201ᵖ	± 0.″17	± 0.″24
η Cassiopejae	307	0.22	0.21
Lalande 15290	336	0.22	0.20
μ Cassiopejae	351	0.30	0.26
Lalande 18115 prc.	355	0.16	0.14
Lalande 18115 seq.	355	0.20	0.18
31 Aquilae	420	0.27	0.20
β Comae Berenices	426	0.35	0.25
Arg.-Oeltzen 10603	529	0.34	0.21

Unter ε_1 sind die m. F. einer Bestimmung gegeben; die Bedeutung von ε_2 wird weiterhin ersichtlich. Die Zahlen unter ε_1 lassen eine Abhängigkeit der Grösse des m. F. von der Grösse der Distanz trotz verschiedener Widersprüche doch deutlich erkennen. Ich habe dieselben daher nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen, indem den Bedingungsgleichungen die Form

$$\varepsilon_1^2 = a^2 + b^2 \Delta^2$$

gegeben wurde. Als Resultat erhält man

$$a = 0\rlap{.}''086$$
$$b = 0.0646$$

wo 100^p als Einheit für Δ genommen ist.

Reducirt man mit diesem Ausdrucke die Werthe ε_1 auf die Distanz von 300^p, die ungefähr der Länge des Normalbogens entspricht, so ergeben sich die unter ε_2 aufgeführten mittleren Fehler. Das Mittel aus denselben ist $\pm 0\rlap{.}''21$. Die Abweichungen von diesem Mittelwerthe sind zum Theil nicht unerhebliche, immerhin ist die Uebereinstimmung der einzelnen m. F. unter einander eine ganz wesentlich bessere geworden unter der Voraussetzung einer Abhängigkeit der Grösse des m. F. von der Grösse der Distanz. Ob diese Abhängigkeit dabei gerade von der hier angenommenen Form ist, ist für unsere Betrachtung ohne weitere Bedeutung; es handelt sich hier nur um den Nachweis, dass im Allgemeinen eine solche Abhängigkeit ausgesprochen ist. Zu ähnlichen Resultaten sind auch andere Beobachter bei Messung von Distanzen mit dem Heliometer gelangt.

Was zunächst die Grösse des m. F. selbst anbelangt, so ist der Betrag von $\pm 0\rlap{.}''21$ für den m. F. einer Distanz von 300^p $(=6518'')$, die als Summe zweier nahezu gleich grosser Distanzen gemessen worden ist, als ein ziemlich niedriger zu bezeichnen. Für den m. F. einer einzelnen Distanz von 150^p Länge würde sich aus ihm $\pm 0\rlap{.}''15$ ergeben. Die Grösse des m. F. an sich würde sonach keineswegs auf das Vorhandensein systematischer Fehler hinweisen; seiner Grösse nach sind die innerhalb einer ganzen Reihe vorkommenden Schwankungen von $xy + xz$ von durchaus normalem Betrage, wie sie eben durch die unvermeidlichen Beobachtungsfehler bedingt sind. Es hat jedoch den Anschein, als besässen die Schwankungen einen periodischen Charakter und als seien dieselben innerhalb der nämlichen Beobachtungsepoche wesentlich geringer, als wie sie beim Zusammenfassen der ganzen Beobachtungsreihe zu einem zusammenhängenden Ganzen sich ergeben. Es ist daher jede Reihe entsprechend den Beobachtungsepochen in Gruppen zerlegt worden. Unter der Annahme, dass die einzelnen Gruppen völlig unabhängig von einander sind, ist dann der m. F. lediglich aus den Widersprüchen innerhalb der nämlichen Gruppe hergeleitet worden. In der nachfolgenden Tabelle sind die so erhaltenen Werthe unter ε_3 angeführt und zwar sind dieselben

gleich für eine einzelne Distanz angesetzt. Zum Vergleich sind ferner aufgeführt, ebenfalls bezogen auf eine einzelne Distanz, unter

ε_1 der m. F. berechnet aus der Gesammtheit der Beobachtungen jeder Reihe

ε_2 der auf 150^p reducirte Werth von ε_1

ε_4 der m. F. berechnet aus dem m. F. von $xy - xz$.

	$xy + xz$	ε_1	ε_2	ε_3	ε_4
Bradley 3077	201^p	$\pm 0\overset{''}{.}12$	$\pm 0\overset{''}{.}17$	$\pm 0\overset{''}{.}09$	$\pm 0\overset{''}{.}10$
η Cassiopejae	307	0.16	0.15	0.16	0.11
Lalande 15290	336	0.15	0.14	0.10	0.11
μ Cassiopejae	351	0.21	0.18	0.17	0.11
Lalande 18115 prc.	355	0.11	0.10	0.09	0.08
Lalande 18115 seq.	355	0.14	0.12	0.12	0.08
31 Aquilae	420	0.19	0.14	0.16	0.11
β Comae Berenices	426	0.25	0.18	0.13	0.13
Arg.-Oeltzen 10603	529	0.24	0.15	0.13	0.08

Die Grösse ε_4 stellt sehr nahe den lediglich von rein zufälligen Messungsfehlern herrührenden Theil des m. F. dar. Der durchschnittliche Betrag von ε_4 ist $\pm 0\overset{''}{.}10$. Die Abweichungen von diesem Durchschnittswerthe sind sehr geringe, so dass man allen Beobachtungen die gleiche Genauigkeit der Messung an sich zusprechen kann. Vergleicht man aber bei jeder Reihe das Verhalten der m. F. ε_2 ε_3 ε_4 zu einander, so zeigt sich dasselbe sehr verschieden. Speciell die Beobachtungen von Lal. 18115 prc. zeigen sich nach Maassgabe der m. F. vollkommen frei von systematischen Fehlern. Bei Br. 3077, Lal. 15290 und β Comae sind ε_3 und ε_4 einander gleich, ε_2 aber zeigt sich erheblich grösser; hier sind also systematische Beobachtungsfehler vorhanden, die im wesentlichen für die jeweilige Beobachtungsepoche einen constanten Betrag haben. Bei den übrigen Reihen sind ε_2 und ε_3 annähernd gleich, aber erheblich grösser als ε_4. Hier sind ebenfalls systematische Beobachtungsfehler anzunehmen, die aber — wenigstens nicht in allen Fällen — für die jeweilige Beobachtungsepoche constant sind. Da ε_2 ε_3 ε_4 immer nur um ein paar Hundertstel Bogensecunden von einander verschieden sind, ist ohne weiteres zuzugeben, dass der Zufall hier eine ganz erhebliche Rolle spielen kann. Durch Weglassung des einen oder anderen Beobachtungstages kann unter Umständen das Bild ganz wesentlich verändert werden. Immerhin aber hat es eine grosse Wahrscheinlichkeit für

sich, dass thatsächlich kleine systematische Beobachtungsfehler in den Summen der Distanzen bei einzelnen Reihen vorhanden sind. Die Werthe ϵ_1 deuten darauf hin, dass diese Fehler mit den Distanzen wachsen. Ist dieses der Fall, so können sie nur in Zusammenhang stehen mit den Reductionen wegen Temperatur und Refraction. Die Ursache der systematischen Fehler würde dann für alle Reihen eine gemeinsame sein, während die Wirkung in den einzelnen Reihen eine ausserordentlich verschiedene sein kann. Nur geringe Schwankungen von Temperatur und Refraction geben auch keine Veranlassung zum Auftreten von systematischen Fehlern. Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich die verschiedenen Reihen auf ihr Verhalten geprüft. Leider ist das Material nicht dazu geeignet, ein ziffernmässig belegtes Resultat ableiten zu können, woran hauptsächlich der Umstand die Schuld trägt, dass Temperatur und Refraction sich in ihrer Wirkung nicht genügend trennen lassen. Ich muss mich daher hier darauf beschränken zu constatiren, dass im Allgemeinen die Maximalwerthe von $xy + xz$ mit den niederen Temperaturen und den grösseren Refractionsbeträgen zusammenfallen, und dass die Schwankungen von $xy + xz$ da am geringsten sind, wo auch Temperatur und Refraction nur in geringem Grade variiren. Dass jede Reihe, die hauptsächlich nur bei niederen und nur bei höheren Temperaturen beobachtet ist, gewissermassen ihren eigenen Temperaturcoëfficienten besitzt, der nicht völlig mit dem aus den sich über alle Temperaturen erstreckenden Beobachtungen des Normalbogens hergeleiteten übereinstimmt, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung an dieser Stelle. Ob es andererseits wirklich den Thatsachen entspricht, dass die angewandte mikrometrische Refraction in den grösseren Zenithdistanzen einer Verbesserung bedarf, kann nur auf Grund von Beobachtungen entschieden werden, die zu diesem Zwecke ganz besonders angestellt sind und bei denen speciell Sorge dafür getragen ist, den Einfluss der Temperatur völlig unschädlich zu machen. Die vorliegenden Beobachtungen lassen solche Verbesserungen auf jeden Fall als sehr wahrscheinlich erscheinen.

Auf $xy - xz$ haben etwaige systematische Fehler in $xy + xz$ keinen Einfluss, da diese Grössen auf einen constanten Werth von $xy + xz$ reducirt sind.

9. Aeltere Bestimmungen der Parallaxen.

Zum Schlusse will ich noch die von anderen Astronomen ausgeführten Parallaxenbestimmungen, welche die von mir wegen Parallaxe untersuchten Sterne betreffen, einer Betrachtung unterziehen, um für die Parallaxen dieser Sterne Mittelwerthe aus allen vorhandenen Bestimmungen abzuleiten. In diese Betrachtung beziehe ich auch Br. 3077 und Arg.-Oeltzen 10603 ein, von denen ebenfalls ältere Bestimmungen vorliegen, die mir früher entgangen waren.

Vor allem ist im Auge zu behalten, dass alle diese Bestimmungen ebenso wie die von mir mitgetheilten nur auf die Ermittelung der relativen Parallaxe gegen die als Vergleichsobjecte benutzten Sterne abzielen. An sich darf daher der Umstand, dass eine Bestimmung gegen die andere um einen erheblicheren Betrag abweicht, nicht befremden, da sehr wohl einzelne der benutzten Vergleichsterne selbst eine ausgesprochene Parallaxe besitzen können. Erwägt man aber, dass von allen auf Parallaxe untersuchten Sternen nur sehr wenige vorhanden sind, bei denen mit wirklicher Sicherheit eine Parallaxe von $+0''.3$ und mehr angenommen werden kann, und dass dabei nur Objecte zur Untersuchung herangezogen sind, bei denen der eine oder andere Umstand (Helligkeit, starke Eigenbewegung, Farbe, plötzliches Auftauchen) eine gewisse Aussicht dafür bot, dass man einen Stern mit deutlich ausgesprochener Parallaxe vor sich habe, so ist doch die Wahrscheinlichkeit eine sehr geringe, dass ein beliebig herausgegriffener schwächerer Stern, der sich durch keinerlei besondere Eigenschaften auszeichnet, eine Parallaxe selbst nur von $+0''.1$ besitzen sollte. In der Mehrzahl der Fälle wird man daher bei Bestimmungen, welche um mehr als $0''.1$ von einander abweichen, die Ursache nicht im Vorhandensein einer Parallaxe bei einem der Vergleichsterne, sondern in der Unsicherheit der einen oder anderen Bestimmung resp. beider zu suchen haben. Das Auftreten besonders kleiner m. F. in den Resultaten, das sehr häufig nur durch das Zusammentreffen zufälliger Umstände verursacht sein dürfte, führt oft zu einer Ueberschätzung der thatsächlich erzielten Sicherheit der Bestimmung. Bei der Kleinheit der Grösse, um deren Ermittelung es

sich hier handelt, und bei der mit den heutigen Messungsmethoden erreichbaren hohen Genauigkeit muss man allerdings verlangen, dass der m. F. des Resultates möglichst klein ist und ist berechtigt, Resultate ohne weiteres zu verwerfen, deren m. F. eine gewisse Grösse überschreiten; man darf aber keineswegs die Grösse dieser Fehler allein ausschlaggebend sein lassen dafür, ob man eine Beobachtungsreihe zur Ableitung eines Mittelwerthes mit heranziehen will oder nicht. Dafür, ob eine Reihe in dieser Hinsicht stimmfähig ist, muss vor allem der Umstand maassgebend sein, dass keinerlei systematische Fehlerquellen in den Grössen zu befürchten sind, aus denen der Werth der Parallaxe hergeleitet wird. In erster Linie ist daher von einer solchen Reihe zu verlangen, dass der auf Parallaxe untersuchte Stern an jedem Beobachtungsabende zwischen zwei Vergleichsterne eingehangen ist. Nur in diesem Falle ist jederzeit die Möglichkeit geboten, die erhaltenen Messungen, seien es Distanzen oder Unterschiede in Rectascension und Declination, sicher auf die nämliche Maasseinheit zu reduciren, während bei den Positionswinkel-Messungen eine erhebliche Quelle für das Auftreten constanter Messungsfehler, die Bestimmung des Nullpunktes, fortfällt. Messungsreihen, die nur auf einem Vergleichsterne beruhen, können gegenüber solchen mit zweien zwar nicht ins Gewicht fallen, da ihr Resultat weder für noch gegen das aus letzteren abgeleitete sprechen kann, es hat jedoch ein sehr erhebliches Interesse, auch auf diese Reihen näher einzugehen, da eine genauere Prüfung derselben in manchen Fällen doch geeignet ist, Widersprüche zwischen einzelnen Resultaten aufzuklären. In allen Fällen bin ich dabei auf die betreffenden Originalarbeiten zurückgegangen. Von den Beobachtern ist durchweg der wahrscheinliche Fehler angegeben; um in dieser Hinsicht die Resultate mit den meinigen vergleichbar zu machen, habe ich überall die w. F. in m. F. verwandelt.

η Cassiopejae.

1) O. Struve, Bulletin de la classe phys. math. de l'académie imp. de St. Pétersbourg. Bd. XIV. Nr. 2. Mit dem Fadenmikrometer ist Distanz und Positionswinkel gemessen worden; jedes Object ist nur an einen Vergleichstern angeschlossen. Ueber letztere findet sich nur die Angabe, dass der Vergleichstern von η Cass. 5′, der von

μ Cass. 4′ entfernt war; der letztere ist 11. Grösse. Die Beobachtungen müssen 1855 resp. früher angestellt sein. Hervorgehoben wird noch die Schwierigkeit der Messung in Folge der Grösse der Distanz. Von η Cass. sind erhalten 27, von μ Cass. 16 Beobachtungen. Die Beobachtungen selbst sind nicht mitgetheilt, nur die aus ihnen abgeleiteten Resultate. Es ergab sich

	η Cassiopejae		μ Cassiopejae	
aus Δ	$\pi = +0''.10$	$\pm 0''.076$	$\pi = +0''.25$	$\pm 0''.111$
aus p	$\pi = +0.37$	± 0.145	$\pi = +0.42$	± 0.107
Mittel	$\pi = +0.15$	± 0.067	$\pi = +0.34$	± 0.077

Der m. F. der Gewichtseinheit beträgt

	in Δ	in p
bei η Cass.	$\pm 0''.27$	$\pm 0''.33$
bei μ Cass.	± 0.19	± 0.30

Nach einer Bemerkung am Schlusse des Artikels scheint es, als ob eine Correction der Eigenbewegung in den Bedingungsgleichungen nicht vorgesehen gewesen sei. — Die m. F. der Einzelresultate sind so erheblich, dass die starke Abweichung derselben unter einander nicht befremden kann. Als stimmfähig ist das erlangte Resultat nicht anzusehen.

2) G. SCHWEIZER, Annales de l'observatoire de Moscou. Bd. VII u. VIII. 2. Mit dem Fadenmikrometer wurde bei hellen Fäden Distanz und Positionswinkel gegen e i n e n Vergleichstern gemessen. Der Coincidenzpunkt des beweglichen und festen Fadens wurde durch Einstellung zu beiden Seiten des letzteren eliminirt. Der Nullpunkt des Positionskreises wurde für jeden Abend durch Bestimmung des scheinbaren Parallels ermittelt; es scheint jedoch, als ob zu diesem Zwecke immer nur eine einzige Einstellung gemacht worden sei. Nahe bei einander liegende Beobachtungen in nahezu gleichen Stundenwinkeln zeigen in dieser Hinsicht zuweilen sehr erhebliche Abweichungen unter einander. SCHWEIZER hat gleichzeitig auf Parallaxe untersucht 61 Cygni, Arg.-Oeltzen 17415,6, η und μ Cassiopejae. Die Beobachtungen erstrecken sich von 1863 bis 1866 und zwar

bei η Cass. von 1864 Nov. 30 bis 1866 Oct. 13 (31 Abende)
bei μ Cass. von 1863 Oct. 14 bis 1866 Aug. 9 (35 Abende)

und vertheilen sich über alle Monate. Als Vergleichsterne haben die folgenden beiden schwachen Sterne gedient

η Cass. 10.11. Gr. $\Delta = 263''$ $p = 118°$
μ Cass. 10. Gr. $\Delta = 216$ $p = 172$.

Die Beobachtungen sind erst nach dem Tode SCHWEIZERS von SOCOLOFF reducirt worden. Es muss dabei ausdrücklich erwähnt werden, dass SOCOLOFF selbst das von η und μ Cass. vorliegende Material nicht für recht geeignet zur Herleitung einer Parallaxe erklärt. Die Verwerthung desselben in dieser Hinsicht ist vornehmlich zu dem Zwecke erfolgt, um den Temperaturcoëfficienten der Mikrometerschraube, für den keine Bestimmung aus jener Zeit vorlag und der augenscheinlich nicht mit einem in einer späteren Beobachtungsperiode abgeleiteten identisch ist, mit möglichster Sicherheit zu bestimmen.

Im Ganzen sind fünf Beobachtungsreihen vorhanden, zwei Reihen von 61 Cygni und je eine von Arg.-Oeltzen 17415,6, η und μ Cassiopejae. Δ sowohl wie p sind scharf reducirt; wegen der Kleinheit von Δ musste auch das von t^2 abhängige Glied der Eigenbewegung mit berücksichtigt werden. In die Bedingungsgleichungen für Δ ist der Temperaturcoëfficient k der Schraube als Unbekannte mit eingeführt worden. k ist bei Auflösung der Gleichungen zunächst unbestimmt gelassen worden, so dass die Werthe der übrigen Unbekannten als Functionen von k erscheinen. Nach Einführung dieser Werthe in die ursprünglichen Gleichungen ist dann k so bestimmt worden, dass die Summe der Fehlerquadrate von allen fünf Beobachtungsreihen ein Minimum wird. Es findet sich

$$k = -0.''0345 \pm 0.''022 .$$

Für die Parallaxen ergiebt sich dann

	aus Δ	aus p
η Cass.	$\pi = +0.''37 \pm 0.''107$	$\pi = +0.''14 \pm 0.''126$
μ Cass.	$\pi = -0.14 \pm 0.170$	$\pi = +0.08 \pm 0.089$.

Der Einfluss von k auf π ist aus den folgenden Ausdrücken ersichtlich:

$$\eta \text{ Cass.} \quad \pi = +0.''29 - 2.49\,k$$
$$\mu \text{ Cass.} \quad \pi = -0.11 + 0.96\,k .$$

Durch Einführung des Werthes von k werden die aus Δ bestimmten Parallaxen von 61 Cygni unter einander und mit den aus p berechneten in bessere Uebereinstimmung gebracht; gerade bei η Cass. ist der Einfluss von k am stärksten und die Abweichung von dem aus

p bestimmten Werthe wird durch seine Einführung noch erheblich vermehrt.

SOCOLOFF nimmt als Endresultat für η Cass. das unter Berücksichtigung der Gewichte gebildete Mittel an:

$$\pi = +0\overset{''}{.}27 \pm 0\overset{''}{.}082\,.$$

Für μ Cass. wird nur der aus p folgende Werth

$$\pi = +0\overset{''}{.}08 \pm 0\overset{''}{.}089$$

berücksichtigt. Der letztere Stern wird vom Beobachter selbst wegen der Schwäche des Vergleichsterns als der ungünstigste Fall bezeichnet.

Bei der Unsicherheit, mit der k bestimmt ist, und bei dem erheblichen Einflusse dieses Elementes auf das Resultat sind die auf $\varDelta$ beruhenden Bestimmungen wohl am besten durchweg zu verwerfen, ganz abgesehen von den erheblichen Beträgen, welche sich für die m. F. der Resultate ergeben. Es verbleiben dann nur die aus p abgeleiteten und nach Maassgabe ihrer m. F. ebenfalls ganz unsicheren Werthe

$$\eta \text{ Cass.} \quad \pi = +0\overset{''}{.}14 \pm 0\overset{''}{.}13$$
$$\mu \text{ Cass.} \quad \pi = +0.08 \pm 0.09\,.$$

3) HERMAN S. DAVIS, Annals of the New York Academy of Sciences. Bd. VIII. Das benutzte Beobachtungsmaterial sind 27 von RUTHERFURD zwischen 1870 Juli 30 und 1873 Dec. 21 aufgenommene Negative. Auf jeder Platte sind neben einander zwei Aufnahmen, die unmittelbar hintereinander erhalten sind. Die Expositionsdauer betrug für jede Aufnahme 6^m. Dass es sich um nasse Platten handelt, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Benutzt sind sechs Vergleichsternpaare, von denen aber nur drei für die Ermittlung der Parallaxe günstig gelegen sind. Da nicht auf allen Platten immer alle Paare messbar waren, schwankt die Zahl der Abende für die verschiedenen Paare zwischen 18 und 24. Die Distanzen der Vergleichsterne vom Parallaxensterne liegen zwischen 1148″ und 3416″; der Unterschied zusammengehöriger Distanzen schwankt zwischen 112″ und 1316″. Benutzt sind nur die Distanzen; die Parallaxe wurde aus der Differenz der zusammengehörigen Distanzen hergeleitet, indem die Summe dieser als constant angenommen wurde. Das Verfahren ist also das nämliche, welches GILL für die Heliometermessungen eingeführt hat. Die

Beobachtungen beschränken sich durchweg nur auf die Zeiten der grössten parallaktischen Verschiebung.

Bei den nachstehenden Resultaten führe ich auch die gefundenen Correctionen der Eigenbewegung (e) an; mit ε ist der m. F. einer Gleichung bezeichnet.

*	π	Gew.	e	ε
ab	$+0\rlap{.}''35 \pm 0\rlap{.}''127$	21.8	$+0\rlap{.}''260 \pm 0\rlap{.}''120$	$\pm 0\rlap{.}''60$
cd	$+0.38 \pm 0.125$	29.0	$+0.165 \pm 0.126$	± 0.54
ef	$+0.57 \pm 0.083$	29.6	$+0.378 \pm 0.116$	± 0.45
gh	$+0.66 \pm 0.116$	8.2	$+0.232 \pm 0.073$	± 0.41
ij	$+0.66 \pm 0.205$	6.1	-0.111 ± 0.098	± 0.51
kl	$+0.30 \pm 0.230$	6.1	-0.070 ± 0.108	± 0.57

Das Gesammtmittel ist $\pi = +0\rlap{.}''46 \pm 0\rlap{.}''065$. DAVIS nimmt als Endresultat das Mittel aus den drei ersten Bestimmungen an

$$\pi = +0\rlap{.}''44 \pm 0\rlap{.}''064\,.$$

Die Combinationen *al* und *ik* ergeben als Resultat

al	$\pi = +0\rlap{.}''28 \pm 0\rlap{.}''292$	Gew. 5.2	$\varepsilon = \pm 0\rlap{.}''67$
ik	$\pi = +0.36 \pm 0.184$	Gew. 8.0	$\varepsilon = \pm 0\rlap{.}''52$

Die Sterne *a i k l* liegen ziemlich genau auf einem grössten Kreise. Neben den sehr grossen Beträgen für die m. F. von π und den grossen Unterschieden zwischen den Resultaten, deren Grund unmöglich im Vorhandensein von Parallaxen bei den Vergleichsternen, sondern nur in der Unsicherheit der Bestimmung zu suchen ist, ist namentlich auffallend das Auftreten sehr grosser Werthe von e. Unter der Annahme, dass die e im Wesentlichen die doppelten Verbesserungen der in die Richtung der betreffenden Distanzen fallenden Componenten der Eigenbewegung von η Cass. sind, hat DAVIS dieselben nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen und erhält dann für die zu Grunde gelegte Eigenbewegung nach AUWERS-BRADLEY als Correction $+0\rlap{.}''2$ und -5°. Die in den Grössen e dann noch übrig bleibenden Fehler gehen bis zu $0\rlap{.}''2$. Sowohl die Grösse der erhaltenen Correction als auch namentlich die Grösse der übrig bleibenden Widersprüche lassen es als sehr wahrscheinlich erscheinen, dass die Ursache für das Auftreten der oben angeführten Werthe von e im Wesentlichen wohl im Instrumente zu suchen ist.

Die in den einzelnen Bedingungsgleichungen übrig bleibenden Fehler erreichen Beträge von mehr als $1''$; neben der Grösse der

Fehler ist aber besonders der Umstand auffällig, dass lange Zeichenfolgen von Fehlern erheblichen Betrages vorhanden sind. So finden sich z. B. für das Vergleichsternpaar *ab* bei 17 Zeichenfolgen nur 6 Zeichenwechsel. Es sind dies alles Zeichen dafür, dass die Beobachtungen mit erheblichen Fehlern systematischer Natur behaftet sind, die auch in den Differenzen der Distanzen nicht verschwinden. Die wirkliche Ursache derselben aufzusuchen, liegt hier keine Veranlassung vor, auch dürfte dies ohne genaue Kenntniss aller Einzelheiten schwierig sein. Indessen liegt es sehr nahe, dieselbe in dem grossen Helligkeitsunterschiede zwischen η Cassiopejae und den Vergleichsternen zu suchen. Bei den Heliometermessungen werden die zu vergleichenden Objecte durch Blendgitter immer möglichst gleich hell gemacht, beim photographischen Verfahren ist dies nicht angängig. Der grosse Helligkeitsunterschied zwischen den Sternen ist bei einer Expositionszeit von 6^m und dem Mangel eines Leitfernrohres sehr wohl geeignet, scheinbare periodische Verschiebungen des Parallaxensternes gegen die Vergleichsterne hervorzubringen, zumal da die Beobachtungen nur auf die Zeiten des parallaktischen Maximum und Minimum beschränkt und in nahezu gleichen, aber entgegengesetzten Stundenwinkeln angestellt sind.

Die Möglichkeit systematischer Fehler wird schon von Davis zugegeben, dabei aber ausgesprochen, dass gerade das zu η Cass. gehörige Plattenmaterial zu einer darauf bezüglichen Untersuchung nicht geeignet sei.

Nach dem Gesagten ist der von Davis erhaltene Werth

$$\pi = +0''44 \pm 0''064$$

nicht als stimmfähig anzusehen.

μ Cassiopejae.

1) Bessel, Abhandlungen Bd. II. Bessel leitet die Parallaxe aus 80 Rectascensionsunterschieden ab, die er von 1814 Nov. 1 bis 1816 Mai 20 am Meridiankreise mit Auge und Ohr zwischen ϑ und μ Cassiopejae bestimmt hat. Der m. F. eines solchen Unterschiedes ist $\pm 0^s221$. Die Parallaxe findet sich zu $\pi = -0''12 \pm 0''29$. Dieses Resultat kann nur historischen Werth beanspruchen.

2) O. STRUVE. S. unter η Cassiopejae.

3) G. SCHWEIZER. S. unter η Cassiopejae.

4) CH. PRITCHARD, Astronomical observations made at the University Observatory Oxford. No. III. Researches in stellar parallax by the aid of photography. Benutzt wurde der Reflector von WARREN DE LA RUE. Zur Verwendung kamen sehr empfindliche Trockenplatten; ein Gitter wurde auf dieselben vorher nicht aufcopirt. Eine Angabe darüber, ob der Reflector mit einem Controlfernrohr versehen worden ist, habe ich nicht finden können; nach den erlangten Resultaten ist es aber sehr wahrscheinlich. Untersuchungen über die Distorsion des Feldes und ähnliche Fragen gingen den Untersuchungen über die Parallaxen voraus. Jeden Abend wurde vor Beginn der Aufnahmen eine Probeaufnahme gemacht, um den Focus und die richtige Expositionszeit zu ermitteln. Die letztere betrug im Allgemeinen etwa 5^m. Das Resultat eines jeden Abends beruht auf vier verschiedenen Platten. Die Beobachtungen von μ Cass. erstrecken sich von 1886 Oct. 22 bis 1887 Oct. 24. Zwischen April 25 und Juli 31 liegen keine Aufnahmen vor; im Ganzen ist an 53 Tagen beobachtet. Als Vergleichsterne dienten

$$+54^\circ 225\ (7^m.9) \qquad \Delta = 755'' \qquad p = 27^\circ$$
$$+53\ 218\ (8.3) \qquad \Delta = 1356 \qquad p = 202$$

Auf den Platten sind nur Distanzen gemessen worden. Ausser den Abständen des Parallaxensternes von den beiden Vergleichsternen hat PRITCHARD bei allen seinen Untersuchungen auch den Abstand der zu einander gehörigen Vergleichsterne von einander direct gemessen und diesen — nicht wie sonst üblich die Summe der Distanzen — zur Reduction der Distanzen auf einen gemeinsamen Scalenwerth benutzt. Man erhält so zwei Werthe für die Parallaxe entsprechend den beiden Vergleichsternen, die aber, wie H. JACOBY (V.J.S.Bd. 28 pg. 117) gezeigt hat, nicht wirklich unabhängig von einander sind. Für μ Cass. ergiebt sich entsprechend den zwei Vergleichsternen

$$+54^\circ 225 \qquad \pi = +0''.051 \pm 0''.040$$
$$+53\ 218 \qquad \pi = +0.021 \pm 0.034\ .$$

Im Mittel hat man also

$$\pi = +0''.04 \pm 0''.026\ .$$

Die Grösse und die Vertheilung der in den Bedingungsgleichungen übrig bleibenden Fehler deutet in keiner Weise auf das Vorhandensein systematischer Fehlerursachen hin.

In seinem Referate über die PRITCHARD'schen Parallaxenbestimmungen weist HAROLD JACOBY auf eine Abhängigkeit der Grösse der von PRITCHARD bestimmten Parallaxen von der Rectascension hin. Die von ihm — natürlich unter Ausschluss von 61 Cygni — gegebenen Mittelzahlen sind die folgenden

AR.	Mittlere Parallaxe	Zahl der Sterne
18^h — 0^h	+ 0.″091	5
0 — 6	+ 0.068	12
6 — 12	+ 0.047	5
12 — 18	+ 0.015	5

Bei einem so kleinen Material muss es jedoch als sehr gewagt erscheinen, auf einen Zusammenhang des gefundenen Werthes der Parallaxe mit der Rectascension zu schliessen. Giebt man indessen auch einen solchen Zusammenhang zu, so könnte nach den vorstehenden Zahlen der systematische Fehler, mit dem eine einzelne Bestimmung von PRITCHARD behaftet ist, doch nur wenige Hundertstel Bogensecunden betragen und ist kaum erheblich grösser als die durch den m. F. gekennzeichnete Unsicherheit der Bestimmung.

5) HAROLD JACOBY, Annals of the New York Academy of Sciences. Bd. VIII. Benutzt sind 28 Negative, die von RUTHERFURD zwischen 1870 Juli 23 und 1873 Dec. 21 aufgenommen sind. Dieses Plattenmaterial und die Behandlung desselben ist nach den gemachten Mittheilungen völlig gleichartig mit dem von DAVIS für die Parallaxe von η Cass. benutzten. Für die Bestimmung der Parallaxe von μ Cass. sind auf den Platten vier Paare von Vergleichsternen ausgewählt worden. Die gemessenen Distanzen schwanken zwischen 762″ und 2442″; der grösste Distanzunterschied eines zusammengehörigen Paares beträgt 737″. Die Zahl der für die einzelnen Paare verfügbaren Beobachtungen liegt zwischen 17 und 24. Erhalten wurden die nachstehenden Resultate

*	π	e	ε
ab	+ 0.″25 ± 0.″067	— 0.″153 ± 0.″076	± 0.″37
cd	+ 0.27 ± 0.052	+ 0.127 ± 0.077	± 0.33
ef	+ 0.32 ± 0.074	— 0.136 ± 0.083	± 0.29
$e\vartheta$	+ 0.15 ± 0.039	— 0.122 ± 0.061	± 0.28

Das directe Mittel aus den ersten drei Bestimmungen ergiebt

$$\pi = +0''.280 \pm 0''.039 .$$

Mit Berücksichtigung der Gewichte findet sich aus den nämlichen drei Beobachtungen

$$\pi = +0''.275 \pm 0''.036 .$$

Das Paar $c\vartheta$ hat Jacoby nicht zur Ableitung der Parallaxe von μ Cass. herangezogen. Er nimmt an, dass die Abweichung gegen die anderen drei Paare von einer Parallaxe bei ϑ Cass. herrühre und benutzt $c\vartheta$ in Verbindung mit der obigen Bestimmung der Parallaxe von μ Cass., um die Parallaxe von ϑ Cass. zu bestimmen.

Die m. F. der Jacoby'schen Resultate sind ganz wesentlich kleinere als die bei Davis, was hauptsächlich wohl durch die grösseren Coëfficienten von π in den Bedingungsgleichungen verursacht ist; auch lässt die Vertheilung der in den Bedingungsgleichungen übrig bleibenden Fehler kaum zu wünschen übrig. In anderer Hinsicht erscheint das erlangte Resultat jedoch nicht einwandfrei. Da nämlich das Material für die Arbeiten von Davis und Jacoby von ganz identischer Art ist, die Beobachtungen sogar ganz gleichzeitig und fast genau an den nämlichen Stellen des Himmels erhalten sind, hat man Ursache, auch für die Parallaxe von μ Cass. wie für die von η Cass. die Wahrscheinlichkeit grosser systematischer Fehler anzunehmen, durch welche die Differenzen der Distanzen und damit die aus ihnen hergeleiteten Parallaxen stark beeinflusst werden. Die Parallaxe von η Cass. nach Davis kann ganz bestimmt als zu gross bezeichnet werden, ein Gleiches würde dann auch bei dem von Jacoby für μ Cass. gefundenen Werthe vorauszusetzen sein. Die Vermuthung, dass der Grund der systematischen Fehler in dem grossen Helligkeitsunterschiede zwischen dem Parallaxenstern und den Vergleichsternen zu suchen ist, gewinnt durch die bei μ Cass. erlangten Einzelresultate dann noch erheblich an Wahrscheinlichkeit. Die Vergleichsterne a bis f liegen zwischen $8^m.9$ und $7^m.5$, während ϑ nach der Durchmusterung $4^m.8$ ist, also sogar noch heller als μ Cass. ($5^m.7$) erscheint. Es wäre so eine ungezwungene Erklärung dafür gegeben, warum der aus $c\vartheta$ ($c = 8^m.8$) erhaltene Werth wesentlich kleiner ist als die aus den schwachen Vergleichsternen folgenden, ohne dass man nöthig hat, zur Voraussetzung einer Parallaxe bei ϑ Cass. seine Zuflucht zu nehmen. Ich habe es daher

für angemessener erachtet, bei der Bildung des Endresultates von einer Berücksichtigung des Jacoby'schen Werthes für die Parallaxe abzusehen.

Lalande 18115 prc.

J. C. Kapteyn, Annalen der Sternwarte in Leiden. Bd. VIII. Bestimmung von Parallaxen durch Registrir-Beobachtungen am Meridiankreise. Zusammen sind 15 Sterne auf Parallaxe untersucht worden, die zwischen $9^h.1$ und $12^h.1$ Rectascension und $+32^\circ$ bis $+53^\circ$ Declination liegen. Sowohl in der Beobachtung wie in der Reduction bilden diese 15 Sterne ein Ganzes. Die Arbeit ist speciell in der Absicht unternommen worden, die Frage zu entscheiden, ob durch Registrirung von Rectascensionsdifferenzen am Meridiankreise Sternparallaxen einwandfrei bestimmt werden können. Die Beobachtungen beschränken sich auf die folgenden, dem Maximum der parallaktischen Verschiebungen in Rectascension nahe gelegenen Zeiten:

1885	März	29 —		April	23
1885	Nov.	20 —	1886	Jan.	16
1886	Nov.	26 —	1887	Jan.	9
1887	März	27 —		Mai	1.

Als wesentlichste Punkte sind die folgenden hervorzuheben.

Die Beobachtungen sind immer bei voller Feldbeleuchtung angestellt. Das Instrument ist stets ungeklemmt gelassen worden. Wo passende Vergleichsterne vorhanden waren, sind für jeden Parallaxenstern zwei möglichst symmetrisch zu ihm gelegene Vergleichsterne ausgesucht worden. Das Mittel der Declination der beiden Vergleichsterne ist nirgends 10′ von der Declination des Hauptsternes verschieden; die grösste zwischen Haupt- und Vergleichstern vorkommende Rectascensionsdifferenz beträgt 10^m, meist ist dieselbe aber wesentlich kleiner. Der Helligkeitsunterschied zwischen Haupt- und Vergleichstern wurde durch Gitter möglichst zum Verschwinden gebracht. An jedem Abend wurde die Helligkeitsgleichung an bestimmten, zwischen den anderen zerstreuten Sternen ermittelt und auf ihre Aenderung bei der Reduction Rücksicht genommen. Die Vernachlässigung dieser Aenderung erwies sich übrigens practisch ohne Belang, da im Maximum die Parallaxe durch sie nur um $0''.01$ geändert wird. Der Uhr-

gang sollte jeden Abend direct aus zwei bestimmten Sternpaaren abgeleitet werden, deren A.R. so viel, deren Decl. aber so wenig wie möglich verschieden ist. Da sowohl für die Frühjahr- wie für die Winterbeobachtungen immer die nämlichen Sterne benutzt wurden, fallen etwaige Fehler in den angenommenen Rectascensionen derselben aus den Werthen der Parallaxe heraus. Die Instrumentalfehler sind für jeden Abend als constant angenommen; die Berechtigung zu dieser Annahme ist nachgewiesen. Benutzt sind nur die Antritte an solchen Fäden, an denen Vergleich- und Hauptstern zusammen beobachtet sind. Besondere Sorgfalt ist auf die Bestimmung der Gewichte der einzelnen Beobachtungen gelegt. Alle Correctionen und Reductionen sind mit ausserordentlicher Sorgfalt ermittelt. Die Bedingungsgleichungen enthalten ausser der Parallaxe nur noch ein constantes und ein der Zeit proportionales Glied. Die Ausgleichung derselben nach der Methode der kleinsten Quadrate wurde für jeden Parallaxenstern dreimal durchgeführt, nämlich

mit einem Vergleichstern	unter Berücksichtigung	der	Gewichte	$\varepsilon = \pm 0''20$
„ einem „	ohne	„	„	„	$\varepsilon = \pm 0.23$
„ zwei Vergleichsternen	ohne	„	„	„	$\varepsilon = \pm 0.23$.

ε ist hier der m. F. der Gewichtseinheit, für welche immer eine auf 20 Fäden beruhende Bestimmung eines Rectascensionsunterschiedes angenommen ist. Bei der dritten Lösung ist die Parallaxe direct aus der Differenz der Rectascensionsunterschiede hergeleitet, ohne diese erst mit der als constant angenommenen Summe der Rectascensionsdifferenzen auf ein gemeinsames Maass zu reduciren. In dem vorliegenden Falle liegt allerdings wohl kein Grund vor, für die Schwankungen in den Summen andere als rein zufällige Beobachtungsfehler der beiden Vergleichsterne anzunehmen. Bei den hier in Betracht kommenden drei Sternen würde auch nur für ϑ Ursae maj., wo die beiden Rectascensionsdifferenzen sehr wesentlich von einander verschieden sind, die Reduction auf eine constante Rectascensionsdifferenz der Vergleichsterne practisch von Bedeutung sein können. Zieht man bei ϑ Urs. maj. die Beobachtungen für die vier Epochen zu Normalwerthen zusammen, so erhält man für die unbenannten Glieder der Bedingungsgleichungen die Werthe

ohne Reduction	mit Reduction
$-0^{s}.003$	$+0^{s}.001$
$+0.005$	-0.001
$+0.028$	$+0.021$
-0.016	-0.013

Man sieht also, dass auch in diesem extremen Falle die Berücksichtigung der Reduction practisch ohne Einfluss ist. — Nach einer sehr ausführlichen Untersuchung der Beobachtungen auf die Existenz systematischer Fehler von Seiten Kapteyns, auf die hier nicht eingegangen werden kann, ist wohl als ziemlich sicher anzunehmen, dass die aus den Beobachtungen erhaltenen Resultate frei vom Einflusse systematischer Fehler sind.

Bei den nachstehenden Resultaten führe ich hinter jedem Vergleichsterne seine Grösse und die Zahl der Beobachtungsabende auf. π_1 π_2 π_3 bezeichnen die aus der ersten (ein Vergleichstern mit Gewichten), zweiten (ein Vergleichstern ohne Gewichte) und dritten Lösung (zwei Vergleichsterne ohne Gewichte) folgenden Parallaxen. Da die nämlichen Fadenantritte des Parallaxensternes sowohl mit dem vorausgehenden wie mit dem nachfolgenden Vergleichsterne verbunden werden, sind die aus verschiedenen Vergleichsternen folgenden Parallaxen nur insofern unabhängig von einander, als beide Vergleichsterne nicht gleich oft beobachtet sind, und es muss bei hinreichender Zahl der Beobachtungen immer sehr nahe π_3 gleich dem Mittel aus den in der zweiten Auflösung für die einzelnen Vergleichsterne gegefundenen Parallaxen sein.

Lal. 18115 prc.

$+53^{\circ}$ 1315	$9^{m}.0$	31	$\pi_1 = +0''.107 \pm 0''.049$	$\pi_2 = +0''.085 \pm 0''.053$
$+53$ 1327	8.5	43	$\pi_1 = +0.058 \pm 0.046$	$\pi_2 = +0.045 \pm 0.049$
				$\pi_3 = +0''.085 \pm 0''.047$

ϑ Urs. maj.

$+52^{\circ}$ 1389	$6^{m}.7$	52	$\pi_1 = +0''.045 \pm 0''.034$	$\pi_2 = +0''.079 \pm 0''.036$
$+52$ 1402	5.0	55	$\pi_1 = +0.028 \pm 0.062$	$\pi_2 = +0.055 \pm 0.061$
				$\pi_3 = +0''.065 \pm 0''.039$

Arg.-Oeltzen 10603

$+50^{\circ}$ 1714	$8^{m}.4$	48	$\pi_1 = +0''.198 \pm 0''.043$	$\pi_2 = +0''.202 \pm 0''.047$
$+50$ 1732	7.8	48	$\pi_1 = +0.154 \pm 0.037$	$\pi_2 = +0.152 \pm 0.036$
				$\pi = +0''.178 \pm 0''.036$

Wie man sieht, widersprechen sich in keinem der drei Fälle die aus den beiden Vergleichsternen gezogenen Resultate, wenn man ihre m. F. berücksichtigt.

Als definitive Resultate giebt Kapteyn an

Lal. 18115 prc.	$\pi = + 0\overset{''}{.}074 \pm 0\overset{''}{.}040$
ϑ Urs. maj.	$\pi = + 0.052 \pm 0.039$
Arg.-Oeltzen 10603	$\pi = + 0.176 \pm 0.036$

Es sind dies die Mittel aus den für die beiden Vergleichsterne gefundenen Parallaxen, wenn die aus der ersten und zweiten Auflösung gefundenen Resultate als gleichwerthig angesehen werden.

ϑ Ursae majoris.

J. C. Kapteyn. S. unter Lal. 18115 prc.

Arg.-Oeltzen 10603.

1) R. Ball, Dunsink Observations Bd. V. Mit dem Fadenmikrometer ist Distanz und Positionswinkel gegen

$$+50^\circ 1724 \qquad 8\overset{m}{.}8 \qquad \Delta = 198'' \qquad p = 202^\circ$$

gemessen worden. Der Nullpunkt des Positionskreises ist jeden Abend vier Mal durch Bestimmung des scheinbaren Parallels ermittelt worden. Vorhanden sind zwei Beobachtungsreihen, nämlich

1878 März 4 bis 1879 April 2
1879 Aug. 14 bis 1880 Juli 29.

Die zweite Reihe ist angestellt worden, da die erste ein unbefriedigendes Resultat ergeben hatte. Die Messungen der Positionswinkel beider Reihen sind als ein fortlaufendes Ganzes ausgeglichen. Als Unbekannte ist in allen Bedingungsgleichungen auch eine Verbesserung der Aberrationsconstanten ($\varkappa$) aufgeführt. Die Resultate sind

1.	Reihe	Δ	$\pi = + 0\overset{''}{.}35 \pm 0\overset{''}{.}074$	$\varkappa = - 0\overset{''}{.}29 \pm 0\overset{''}{.}089$
2.	"	Δ	$\pi = + 0.32 \pm 0.077$	$\varkappa = - 0.04 \pm 0.098$
1. u. 2.	"	p	$\pi = + 0.31 \pm 0.046$	$\varkappa = + 0.07 \pm 0.052$.

Der m. F. einer Gleichung ist für Δ $\pm 0\overset{''}{.}22$ resp. $\pm 0\overset{''}{.}18$, für p $\pm 0\overset{''}{.}33$. Ball nimmt als Endresultat das unter Berücksichtigung der Gewichte gebildete Mittel aus den drei Bestimmungen

$$\pi = + 0\overset{''}{.}32 \pm 0\overset{''}{.}034\,.$$

Die erste Reihe ist in Bezug auf Δ als vollkommen verfehlt zu bezeichnen. Die übrigbleibenden Fehler zeigen einen auch von Ball bemerkten ausgesprochenen systematischen Charakter. Zu Anfang der Reihe bleiben grosse negative Fehler bis fast zu 0."5 übrig, zu Ende grosse positive Fehler bis zu 0."6. Bei 62 Beobachtungen kommen auf 44 Zeichenfolgen nur 17 Zeichenwechsel. In der zweiten Reihe (44 Beob.) ist die Fehlervertheilung eine wesentlich bessere. Für die Positionswinkel sind die übrig bleibenden Fehler nicht aufgeführt. Die Correction der Eigenbewegung in Δ ergiebt sich für die 1. Reihe zu $+0.''153 \pm 0.''10$, für die 2. Reihe zu $+0.''322 \pm 0.''17$. Dieser grosse Betrag für die 2. Reihe deutet auch für diese das Vorhandensein systematischer Einflüsse auf die Messungen an. Dem kleinen m. F. in dem von Ball gegebenen Endresultate ist eine reelle Bedeutung schon deswegen nicht beizulegen, weil das aus der 1. Reihe folgende Resultat, das ganz offenbar verfehlt ist und nur rein zufällig mit den anderen beiden übereinstimmt, zur Bildung des Endwerthes mit herangezogen worden ist; bei Weglassung dieser Reihe würde der m. F. auf das Doppelte steigen.

2) J. C. Kapteyn. S. unter Lal. 18115 prc.

Bradley 3077.

1) F. Brünnow, Dunsink Observations Bd. II. Mit dem Fadenmikrometer wurden Declinationsdifferenzen gegen einen Stern $9.^m5$ gemessen, dessen relative Coordinaten gegen Br. 3077

$$\Delta\alpha = +4^s \qquad \Delta\delta = -1.'4$$

sind. Im vorliegenden Falle ist diese Methode sehr günstig, da der Coëfficient von π in den Bedingungsgleichungen bis zu ± 0.90 wachsen kann. Die geringe Rectascensionsdifferenz ist einerseits günstig, da die Stabilität des Instrumentes nur für wenige Secunden vorausgesetzt wird, andererseits aber auch ungünstig, da sie das ruhige Messen erschwerte. Die Beobachtungen wurden nämlich bei ruhendem Fernrohre ausgeführt, abgesehen von 5 Abenden, an denen dieselben ausserdem noch mit Benutzung des Uhrwerks wiederholt wurden. Zwischen 1870 Jan. 9 und 1871 Jan. 9 wurden an 41 Tagen 47 Beobachtungen erhalten. Mit Ausnahme des April erstrecken sich die Beobachtungen über alle Monate. In den Bedingungsgleichungen ist eine Correction

der Aberrationsconstanten ($\varkappa$) vorgesehen. Die Auflösung derselben ergiebt

$$\pi = +0\overset{''}{.}055 \pm 0\overset{''}{.}039 \qquad \varkappa = +0\overset{''}{.}059 \pm 0\overset{''}{.}042 \,.$$

Die Correction der Eigenbewegung beträgt $-0\overset{''}{.}09 \pm 0\overset{''}{.}089$. Die Werthe sämmtlicher Unbekannten sind also sehr klein und nicht erheblich grösser als ihre m. F. Der m. F. einer Gleichung findet sich zu $\pm 0\overset{''}{.}13$. Die Vertheilung der in den Bedingungsgleichungen übrig bleibenden Fehler ist eine völlig einwandfreie; der grösste überhaupt vorkommende Fehler ist $0\overset{''}{.}36$.

Bei Ausschluss von den 8 Beobachtungen, bei welchen der übrigbleibende Fehler $0\overset{''}{.}2$ überschreitet, findet sich

$$\pi = +0\overset{''}{.}070 \pm 0\overset{''}{.}021 \qquad \varkappa = +0\overset{''}{.}068 \pm 0\overset{''}{.}022 \,;$$

bei Ausschluss der fünf mit Benutzung des Uhrwerks ausgeführten Messungen findet sich

$$\pi = +0\overset{''}{.}069 \pm 0\overset{''}{.}040 \qquad \varkappa = +0\overset{''}{.}092 \pm 0\overset{''}{.}044 \,.$$

2) H. Gyldén, Öfversigt af kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar. 1882. No. 2. Stockholm. Am Refractor sind zwischen 1878 Aug. 22 und 1881 Dec. 16 an 56 Abenden die Rectascensionsdifferenzen gegen die beiden einschliessenden Sterne $+56^\circ 2963$ ($9\overset{m}{.}0$) und $+56^\circ 2975$ ($9\overset{m}{.}4$) gemessen worden; aus dem Unterschiede dieser Differenzen ist die Parallaxe hergeleitet. Zu dem Zwecke sind je vier Unterschiede zu einem Normalwerthe zusammengezogen, so dass im Ganzen 14 Bedingungsgleichungen zur Verfügung stehen. Der m. F. eines Normalwerthes beträgt $\pm 0\overset{s}{.}046$ ($= \pm 0\overset{''}{.}38$ im Bogen grössten Kreises). Die Parallaxe ergiebt sich zu

$$\pi = +0\overset{''}{.}28 \pm 0\overset{''}{.}069 \,.$$

Die Beobachtungen selbst sind nicht mitgetheilt, nur die 14 Normalwerthe des Unterschiedes der Rectascensionsdifferenzen; es finden sich auch keine näheren Angaben über die Methode der Beobachtung und der Reduction. Zur exacten Beurtheilung der thatsächlich erreichten Genauigkeit wäre eine Kenntniss der Originalbeobachtungen erforderlich, da es bei dem grossen m. F. eines Normalortes sehr wohl denkbar ist, dass das Resultat nur als Rechnungsergebniss ohne reelle Bedeutung anzusehen ist. Aus diesem Grunde und da keinesfalls diese

Bestimmung wegen ihres grossen m. F. mit dem Gewichte Eins herangezogen werden dürfte, glaube ich von einer Berücksichtigung derselben absehen zu müssen.

Aus den vorstehenden Betrachtungen ergiebt sich jedenfalls, dass eine eingehende Prüfung der verschiedenen bis jetzt zum Zwecke der Parallaxenbestimmung ausgeführten Beobachtungsreihen sehr wohl am Platze und sehr geeignet ist, manche theilweise sehr erheblichen Widersprüche zwischen den einzelnen Resultaten aufzuklären und unsere heutige Kenntniss der Parallaxen der Fixsterne auf eine sicherere Grundlage zu stellen.

Im Folgenden stelle ich von denjenigen Sternen, bei welchen ältere Bestimmungen vorhanden sind, die Werthe zusammen, welche man als stimmfähig anzusehen berechtigt ist.

μ Cass.	$\pi = +0''.04 \pm 0''.026$	PRITCHARD
	$\pi = +0.13 \pm 0.037$	PETER
	$\pi = +0.08$	
Lal. 18115 prc.	$\pi = +0.07 \pm 0.040$	KAPTEYN
	$\pi = +0.18 \pm 0.027$	PETER
	$\pi = +0.12$	
ϑ Urs. maj.	$\pi = +0.05 \pm 0.039$	KAPTEYN
	$\pi = +0.09 \pm 0.035$	PETER
	$\pi = +0.07$	
A.-Oe. 10603	$\pi = +0.18 \pm 0.036$	KAPTEYN
	$\pi = +0.17 \pm 0.013$	PETER
	$\pi = +0.17$	

Für die Mittelwerthe selbst habe ich keine m. F. aus den m. F. der Einzelresultate abgeleitet, da diese Zahlen im vorliegenden Falle entschieden keinen Anhalt für die Sicherheit der Mittelwerthe geben können und stets zu klein sein werden. Eine der Wahrheit näher kommende Abschätzung der m. F. des Mittels wird man hier wohl eher erhalten, wenn man das Mittel aus den m. F. der Einzelwerthe nimmt.

---

10. Meteorologische Angaben.

Unter *B* sind die auf 0° reducirten Barometerstände, unter *T* die Lufttemperaturen nach Celsiusgraden aufgeführt. Θ bezeichnet die zu den meteorologischen Angaben gehörige Sternzeit.

1887	Θ	*B*	*T*
Aug. 25	19^h40^m		$+17^\circ2$
	20 15	$751^{mm}2$	
	21 29		+ 15.6
26	19 41	749.9	+ 17.2
	21 10	750.0	+ 16.0
27	19 33	750.5	+ 19.0
	21 18	750.3	+ 17.0
29	19 13	750.4	+ 17.0
	21 14	750.9	+ 15.4
Sept. 9	20 17	756.4	+ 11.6
	22 15	756.0	+ 9.4
17	20 20	754.8	+ 14.6
	22 0	755.0	+ 11.4
Oct. 11	19 40	739.1	+ 7.4
	21 20	739.5	+ 6.2
13	19 45	744.1	+ 5.5
	20 32		+ 4.9
	21 12		+ 4.0
	21 28	744.6	+ 3.4
23	20 0	754.8	+ 5.2
	20 56		+ 4.1
	21 53	753.9	+ 3.2
25	19 43	754.7	+ 3.0
	20 44		+ 1.5
	21 33	756.4	+ 0.8
	1 11	759.0	− 1.5
	2 40		− 1.8
	3 32		− 1.9
	4 26		− 2.5
	4 35	760.7	
26	19 44	764.8	+ 1.5
	20 46		− 1.0
	21 41		− 1.6
	21 55	765.0	

1887	Θ	*B*	*T*
Dec. 17	3^h54^m	$747^{mm}4$	$+3^\circ5$
	4 58		+ 3.0
	5 49		+ 2.8
1888			
Jan. 1	4 5	749.0	− 10.1
	5 0		− 9.8
	6 4	748.7	− 10.9
2	3 47	748.0	− 10.6
	4 47		− 10.6
	5 31	747.9	− 10.7
5	4 32	755.8	− 3.9
	5 36		− 3.5
	6 34	755.9	− 3.9
Febr. 6	5 5	755.7	
	5 43		− 4.0
	6 40		− 4.5
	6 43	755.8	− 4.2
13	3 52	750.2	+ 0.5
	4 53		+ 0.1
	5 56		− 0.4
	5 58	750.8	
April 15	9 38	750.9	
	10 3		+ 7.4
	10 22		+ 7.1
	10 38	751.1	
	10 56		+ 6.7
	11 35		+ 6.2
	11 38	751.2	
Mai 22	12 51	759.0	+ 13.2
	13 21		+ 12.2
	13 42		+ 11.7
	14 7		+ 11.2
	14 29	759.7	+ 11.5

1888	Θ	*B*	*T*
Mai 24	12^h54^m		$+17^\circ4$
	13 11	$753^{mm}8$	
	13 17		+ 17.2
	13 45		+ 17.1
	14 12	753.7	
	14 31		+ 16.3
25	13 12	747.5	+ 13.7
	14 8		+ 12.5
	14 44	747.6	+ 12.0
27	13 26	747.6	+ 8.5
	13 52		+ 8.0
	15 7		+ 7.2
	15 44	747.0	+ 7.0
Juni 1	15 37	756.5	+ 10.7
	16 30		+ 9.9
	17 3		+ 9.3
	17 29	756.9	+ 9.2
25	16 52	752.0	+ 19.2
	17 17		+ 19.1
	17 42		+ 18.3
	18 24		+ 17.7
	18 46	751.6	+ 16.9
Juli 5	16 59	742.4	+ 14.9
	17 6		+ 14.6
	17 41		+ 14.5
	18 6		+ 14.2
	18 25		+ 14.1
	18 52	743.2	+ 14.3
9	16 5	750.0	+ 14.0
	16 45		+ 13.0
	16 58		+ 12.9
	17 33		+ 12.1
	18 10		+ 12.0
	18 41	749.5	+ 11.9

1888	Θ	B	T
Juli 15	18h 5m	747mm.7	+ 12°.3
	18 8		+ 12.3
	18 42		+ 11.8
	19 8		+ 11.2
	19 36		+ 11.0
	20 6	747.6	+ 10.8
17	17 50	738.4	+ 15.0
	18 11		+ 14.6
	18 37		+ 14.4
	19 36	738.8	+ 14.4
18	17 10	739.7	+ 15.3
	17 43		+ 15.1
	18 16		+ 14.4
	18 45		+ 14.2
	19 26	739.9	+ 13.9
22	17 27	751.5	+ 16.1
	18 12		+ 15.8
	18 36		+ 15.9
	19 0		+ 15.4
	19 5	751.4	+ 15.4
24	17 25	751.3	+ 18.5
	18 6		+ 17.2
	18 29		+ 17.2
	19 0		+ 16.5
	19 15		+ 16.2
26	19 8	751.1	+ 16.0
	19 37		+ 15.6
	20 8		+ 15.3
	21 9	751.2	+ 14.8
Aug. 1	18 24	751.2	+ 15.6
	18 52		+ 15.2
	19 20		+ 15.0
	19 47		+ 14.3
	20 12	751.1	+ 14.3
Oct. 5	19 59	743.6	
	20 23		+ 4.9
	20 55		+ 4.5
	21 39		+ 4.2
	21 59	744.4	
6	20 3	747.6	
	20 30		+ 6.8
	21 3	747.7	
	21 10		+ 5.9
	21 49		+ 4.8
	22 3	748.0	

1888	Θ	B	T
Dec. 6	3h 45m		− 0°.5
	4 4	761mm.1	
	4 20		− 0.9
	5 1		− 1.1
	5 5	760.9	
1889			
Jan. 2	2 50	765.4	
	3 13		− 9.1
	4 3		− 9.3
	4 50	765.5	
	5 15		− 9.6
3	2 54	767.5	
	3 18		− 9.9
	3 55	767.5	
	4 4		− 10.0
	4 47		− 10.0
6	5 2		− 3.5
	5 7	754.4	
	5 35		− 3.8
	6 7	754.3	− 4.0
12	3 30	742.8	
	3 52		+ 0.3
	4 23		0.0
	4 30	742.9	
	5 4		− 0.4
14	4 23		− 8.3
	4 38	756.4	
	5 14		− 8.2
	5 38	756.6	
15	4 42	755.8	
	4 46		− 11.5
	5 26		− 11.6
	5 42	755.8	
Febr. 13	3 36	755.9	
	4 19		− 11.0
	4 36	755.8	
	5 6		− 10.7
Juli 9	18 59		+ 19.0
	19 12	749.9	
	20 7		+ 18.5

1890	Θ	B	T
Mai 17	15h 30m		+ 12°.0
	15 42	748mm.2	
	15 50		+ 12.0
	16 40		+ 11.2
	17 29		+ 10.5
	17 43	748.2	
18	13 46	747.8	
	14 10		+ 14.5
	14 30		+ 14.2
	15 10		+ 13.0
	15 46	748.3	
	15 55		+ 13.2
19	13 52	747.4	+ 14.7
	14 15		+ 14.2
	14 50		+ 14.1
	15 38		+ 13.2
	15 50	747.5	
23	16 58		+ 13.1
	17 6	754.5	
	17 56		+ 12.5
	18 6	754.5	
	18 40		+ 12.0
	19 7	754.5	
24	14 10	753.3	
	14 37		+ 13.6
	15 29		+ 13.3
	16 10	752.6	
	16 12		+ 12.9
27	14 10		+ 10.1
	14 21	750.0	
	15 0		+ 8.9
	15 55		+ 8.3
	16 22	749.9	
	17 20		+ 7.6
	18 10		+ 7.2
	18 22	749.2	
	18 46		+ 6.5
Juni 1	16 42	750.3	
	16 47		+ 5.7
	17 35		+ 5.4
	18 15		+ 4.4
	18 42	750.3	

1890	Θ	B	T
Juni 3	$14^h\,48^m$		$+12^{\circ}.8$
	14 49	$753^{mm}.7$	
	15 37		+12.1
	16 40		+11.4
	16 49	753.8	
4	16 53	752.1	
	17 5		+14.4
	17 48		+14.1
	18 29		+13.1
	18 54	752.1	
25	15 15	753.9	
	15 32		+14.8
	16 16	753.9	
	16 20		+14.1
	16 58		+13.8
	17 20		+13.2
	18 6		+12.3
	18 18	753.2	
	18 48		+11.8
Juli 1	17 40	741.8	
	17 51		+12.8
	18 40	742.2	+11.9
	19 22		+11.2
	19 40	742.2	
2	16 44	748.3	+14.9
	17 29		+13.9
	18 21		+14.1
	18 44	748.8	
27	18 22	752.5	
	19 23		+14.9
	20 19		+14.0
	20 22	752.7	
	21 2		+13.3
Dec. 10	7 19	758.8	
	7 50		−6.0
	8 12		−6.5
	9 16		−6.9
	9 19	758.6	
15	9 39	749.3	
	9 41		−13.9
	10 36		−14.0
	10 39	749.2	

1890	Θ	B	T
Dec. 27	$6^h\,26^m$	$759^{mm}.9$	
	6 50		$-9^{\circ}.6$
	8 26	760.0	
	8 39		−10.1
1891			
Jan. 2	6 49	756.5	
	7 15		−9.2
	8 3		−9.0
	8 49	756.3	
29	6 29		+1.6
	6 34	758.8	
	7 12		+1.0
	7 34	758.6	
	8 0		+0.6
	8 34	758.5	+0.6
	9 21		+0.5
	9 34	758.4	
	10 10		+0.3
	10 34	758.3	
Febr. 1	5 32	758.6	
	5 47		+1.3
	6 29		+1.6
	6 32	758.8	
	7 8		+1.6
	7 32	759.1	
8	5 15	763.1	−1.3
	6 1		−1.7
	6 15	763.1	
	6 44		−2.0
	9 7		−2.8
	9 15	763.1	
	10 7		−3.5
	10 15	763.0	
	10 51		−3.3
	11 15	763.0	
9	3 18	763.7	
	3 43		−3.0
	4 41		−3.6
	5 18	764.0	−4.0
10	5 52		−2.3
	6 22	761.1	
	6 45		−3.6
	7 22	760.9	
	7 29		−4.1
	8 22	760.6	
	8 52		−4.3

1891	Θ	B	T
	$9^h\,22^m$	$760^{mm}.3$	
	9 44		$-4^{\circ}.6$
	10 22	760.3	
	10 41		−5.0
	11 22	760.3	
April 19	10 50		+4.5
	10 51	754.1	
	11 36		+3.8
	11 51	754.6	
23	11 6	750.3	
	11 22		+6.1
	12 6	750.5	
	12 15		+5.4
	12 45		+5.4
	13 8		+5.1
	14 7	751.2	
24	12 10	751.1	
	12 33		+4.7
	13 23		+4.0
	14 11	751.2	
	14 17		+3.1
Juni 17	14 38		+11.1
	14 43	757.9	
	15 31		+10.5
	16 14		+8.9
	16 43	758.0	
23	15 7	750.9	
	15 18		+19.4
	16 7	751.1	+18.8
	16 53		+18.2
	17 7	751.2	
28	15 27	751.9	
	15 45		+18.9
	16 31		+18.2
	17 14		+17.9
	17 27	751.9	
Juli 16	16 33		+19.2
	16 37	749.2	
	17 14		+18.9
	17 37	749.4	
	17 56		+18.0

1891	Θ	*B*	*T*
Juli 18	16h 41m		+ 19°.9
	16 45	754mm.2	
	17 28		+ 19.0
	17 45	754.3	
	18 29		+ 18.4
	18 45	754.3	
21	18 58	753.4	+ 16.1
	19 34		+ 16.0
	19 58	753.4	
	20 15		+ 15.3
	20 55		+ 14.9
	20 58	753.0	
25	17 13	751.9	
	17 55		+ 13.6
	18 53		+ 12.4
	19 13	752.0	
29	17 29	746.1	
	18 0		+ 13.6
	18 29	746.4	
	18 50		+ 13.0
	19 25		+ 12.6
	19 29	746.3	
Aug. 5	18 57	747.6	
	19 1		+ 12.7
	19 53		+ 12.3
	20 34		+ 12.2
	20 57	747.6	
17	19 22		+ 13.9
	19 44	750.0	
	20 9		+ 13.5
	20 44	750.0	
	20 52		+ 13.0
18	18 48	747.6	
	18 50		+ 16.0
	19 31		+ 15.5
	19 48	747.7	
	20 12		+ 14.5
	20 48	747.7	
Nov. 29	21 24		+ 1.1
	21 33	749.2	
	22 12		— 0.5
	22 33	749.3	
	23 6		— 1.0
	23 33	749.4	

1891	Θ	*B*	*T*
Dec. 8	22h 8m	747mm.9	
	22 9		+ 5°.3
	22 56		+ 5.0
	23 9	749.0	
	23 43		+ 5.1
	0 9	749.7	
20	9 58	769.2	
	10 25		— 7.0
	11 19		— 8.0
	11 58	769.2	
	12 22		— 7.9
	12 58	768.9	
28	7 29	752.3	
	8 12		— 0.4
	8 30		— 0.5
	9 29	752.0	— 0.2
1892 Jan. 18	4 38		— 4.9
	4 51	757.0	
	5 45		— 5.7
	5 51	757.1	
	6 30		— 6.2
	6 51	757.1	
	7 51	757.1	
	8 7		— 7.5
	8 51	757.1	— 7.9
	9 45		— 8.2
	9 51	757.2	
Febr. 15	3 41	742.1	
	4 20		— 3.9
	5 35		— 4.1
	5 41	742.3	
16	3 45	740.2	
	4 2		— 4.6
	4 54		— 5.2
	5 34		— 5.9
	5 45	740.1	
21	4 55		+ 4.0
	5 5	745.1	
	5 45		+ 2.9
	6 5	745.1	
	6 35		+ 2.1
	8 5	745.0	
	9 25		+ 1.9
	10 5	744.8	
	10 19		+ 1.9
	11 6		+ 2.2
	12 6	744.4	

1892	Θ	*B*	*T*
Febr. 24	4h 16m	750mm.7	
	4 26		+ 6°.2
	5 12		+ 5.2
	5 55		+ 4.0
	6 16	751.1	
	9 17	751.6	
	9 25		+ 3.0
	10 11		+ 2.0
	11 15		+ 2.4
	11 17	751.7	
25	8 21	754.2	
	8 57		+ 2.0
	9 46		+ 1.5
	10 21	754.3	
	10 32		+ 1.5
März 3	4 48	754.8	
	5 25		+ 5.1
	6 5		+ 5.2
	6 42		+ 5.0
	6 48	755.5	
4	4 52	754.6	
	5 19		— 3.0
	6 0		— 4.2
	6 43		— 4.5
	6 52	754.8	
	8 53	755.2	
	9 14		— 5.9
	10 4		— 6.1
	10 53	755.2	
	10 55		— 6.0
25	8 15	751.2	
	8 41		+ 5.0
	9 38		+ 4.0
	10 15	750.8	
	10 24		+ 3.7
	12 12		+ 2.5
	12 15	750.2	
	13 4		+ 2.2
	14 2		+ 2.0
	14 16	749.2	
26	9 19	746.3	
	9 20		+ 10.2
	10 7		+ 6.5
	10 19	746.4	
	10 42		+ 0.5
	11 42		+ 0.0
	12 19	746.6	
	12 20		+ 7.5

1892	Θ	B	T
März 30	8h 35m	761mm.4	
	8 52		+ 3°.5
	9 42		+ 2.5
	10 30		+ 2.3
	10 35	761.7	
	10 50		+ 2.2
	12 19		+ 1.1
	12 35	762.1	
31	10 39	761.2	
	11 37		+ 4.0
	12 22		+ 3.9
	12 39	760.4	
	13 9		+ 3.1
	13 39	760.3	
April 3	8 50	755.7	
	9 29		+ 10.9
	10 11		+ 10.2
	10 47		+ 9.8
	10 51	755.9	
	11 37		+ 7.3
	12 15		+ 6.6
	12 51	756.0	
4	10 46		+ 9.9
	10 55	753.0	
	11 29		+ 9.0
	12 1		+ 8.5
8	11 10	754.7	
	11 47		+ 3.9
	12 37		+ 3.0
	13 11	754.9	
	13 20		+ 2.9
	14 58		+ 1.5
	15 11	754.9	
	15 45		+ 0.8
	16 25		+ 0.5
	17 11	755.5	
9	9 12		+ 6.1
	9 14	755.2	
	9 54		+ 5.1
	10 26		+ 4.6
	11 14	755.2	
10	9 12		+ 9.0
	9 19	751.6	
	9 52		+ 8.5
	10 29		+ 8.0
	11 19	751.5	

1892	Θ	B	T
April 11	9h 21m		+ 10°.3
	9 22	745mm.3	
	10 3		+ 10.1
	10 22	745.0	
	10 37		+ 9.5
17	10 46	745.3	
	11 7		+ 6.2
	11 46	745.7	
	12 2		+ 5.6
	12 42		+ 5.0
	13 33		+ 3.7
	13 46	746.5	
	13 57		+ 2.0
19	10 54	754.9	
	11 12		+ 5.6
	11 54	755.3	
	11 58		+ 5.2
	12 39		+ 4.6
	13 25		+ 4.0
	13 54	755.4	
	14 15		+ 3.6
20	10 57	758.2	+ 4.8
	11 47		+ 3.9
	11 58	758.3	
	12 36		+ 3.6
	13 29		+ 3.0
	13 58	758.3	
	14 11		+ 1.8
Mai 8	13 9	754.8	
	13 27		+ 7.2
	14 52		+ 6.5
	15 9	755.3	
12	11 24	758.1	
	12 27		+ 11.5
	13 12		+ 10.1
	13 24	758.6	
	13 49		+ 9.7
13	11 28	756.1	
	12 6		+ 12.8
	12 51		+ 12.0
	13 28	756.1	
	13 41		+ 10.9

1892	Θ	B	T
Mai 24	14h 12m	752mm.2	
	14 40		+ 15°.6
	15 45		+ 15.1
	16 12	752.2	
	16 39		+ 14.0
Juni 8	14 1		+ 16.5
	14 11	754.9	
	14 43		+ 15.2
	15 11	755.0	
	15 22		+ 14.7
19	14 50		+ 15.4
	14 54	748.6	
	15 37		+ 13.6
	15 54	748.7	
	16 19		+ 11.8
24	15 14	751.5	
	15 19		+ 14.4
	16 2		+ 14.0
	16 14	751.7	
	16 45		+ 13.5
	17 14	751.9	
Juli 9	16 11		+ 17.3
	16 13	753.0	
	16 54		+ 16.6
	17 13	753.2	
	17 27		+ 16.5
11	16 12		+ 16.6
	16 21	746.9	
	16 53		+ 16.0
	17 21	747.0	
	17 25		+ 15.2
27	18 24	755.1	
	18 48		+ 17.1
	19 24	755.2	
	19 45		+ 17.1
	20 24	755.4	
	20 28		+ 15.6
28	18 28	754.8	
	18 53		+ 19.1
	19 51		+ 18.9
	20 28	754.9	
	20 32		+ 18.1

1892	Θ	B	T
Juli 29	18h 32m	754mm.0	
	18 35		+ 19°.6
	19 33		+ 18.6
	20 16		+ 17.5
	20 32	754.0	
Aug. 5	18 45		+ 10.3
	18 59	753.2	
	19 42		+ 9.0
	20 28		+ 8.3
	21 0	753.0	
8	18 11	749.4	
	18 41		+ 18.0
	19 11	749.4	
	19 24		+ 17.4
	19 59		+ 16.3
	20 12	749.0	
Sept. 30	0 40	748.0	
	0 55		+ 9.8
	1 55		+ 9.2
	2 38		+ 9.3
	2 41	747.8	
Oct. 4	2 35		+ 7.5
	2 57	748.1	
	3 23		+ 7.2
	4 3		+ 6.6
	4 57	747.1	
	5 0		+ 6.2
	5 41		+ 6.1
	5 57	746.9	
20	0 59	752.0	
	1 7		0.0
	1 59	751.9	
	2 7		— 0.4
	3 2		— 1.0
	4 0	751.4	
	4 10		— 1.2
	5 0	751.2	
	5 3		— 1.3
24	2 15	746.1	
	3 3		+ 0.8
	3 51		0.0
	4 16	746.7	
	4 35		— 0.3
	5 29		0.0
	6 8		— 0.1
	6 16	746.9	

1892	Θ	B	T
Oct. 26	2h 23m	755mm.5	
	3 17		— 2°.0
	4 6		— 2.5
	4 23	755.6	
	4 45		— 2.6
	5 24	755.6	
	5 36		— 2.8
	6 18		— 2.8
	6 24	755.6	
28	3 22		+ 4.5
	3 31	747.0	
	4 36		+ 4.5
	5 19		+ 7.0
	5 31	746.8	
Nov. 5	2 2	755.0	
	2 36		+ 1.2
	3 3	754.7	
	3 37		+ 0.6
	4 16		+ 0.3
	5 3	754.1	
	5 5		+ 1.2
	5 43		+ 1.0
	6 3	754.0	
6	2 45		+ 2.6
	3 6	751.2	
	3 51		+ 2.5
	4 31		+ 2.1
	5 7	751.3	
	5 13		+ 1.0
	5 45		+ 1.5
	6 7	751.3	
10	3 5		0.0
	3 22	757.4	
	3 51		— 1.0
	4 37		— 1.2
	5 23	757.3	
	5 26		— 1.8
17	3 50	754.0	
	4 0		— 1.7
	4 51		— 1.7
	5 27		— 2.1
	5 50	753.8	
18	2 54	752.6	
	3 4		— 3.8
	3 19		— 4.1
	4 26		— 3.9
	4 54	752.3	

1893	Θ	B	T
März 12	8h 22m		+ [illegible]
	8 23	750mm.8	
	9 18		+ [illegible]
	9 23	750.7	
23	8 5		+ [illegible]
	8 6	758.2	
	8 51		+ [illegible]
	9 34		+ [illegible]
	10 6	758.3	
	10 23		+ [illegible]
	11 17		+ 7.2
	12 3		+ [illegible]
	12 6	758.3	
24	7 50		+ [illegible]
	8 10	758.8	
	8 33		+ [illegible]
	9 8		+ [illegible]
	9 50		+ [illegible]
	10 10	759.3	
	10 31		+ [illegible]
	11 8		+ [illegible]
	12 10	759.6	+ [illegible]
25	8 14	761.4	
	8 25		+ [illegible]
	9 10		+ [illegible]
	9 48		+ [illegible]
	10 14	761.5	
	10 32		+ [illegible]
	11 18		+ [illegible]
	12 4		+ [illegible]
	12 14	761.4	
26	9 0		+ [illegible]
	9 18	759.4	
	9 40		+ [illegible]
	10 13		+ [illegible]
	10 18	759.5	
27	8 9		+ [illegible]
	8 22	758.4	
	9 0		+ [illegible]
	9 36		+ [illegible]
	10 15		+ [illegible]
	10 22	758.4	
	10 54		+ 0.8
	11 30		+ 0.2
	12 22	758.4	

1893	Θ	B	T
April 5	8h 57m	757mm.0	
	8 59		+ 9°.0
	9 40		+ 8.0
	10 30		+ 6.8
	10 57	757.7	
	11 7		+ 6.3
	12 1		+ 6.0
	12 42		+ 6.0
	12 57	757.8	
	13 29		+ 5.5
	14 6		+ 5.1
	14 57	757.8	
7	9 5	760.5	
	9 20		+ 12.2
	10 5	760.5	
	10 7		+ 11.9
	10 39		+ 11.5
	11 5	760.6	
10	9 17	755.8	
	9 18		+ 12.3
	10 4		+ 10.1
	10 17	755.4	
	10 37		+ 9.5
	11 17	755.1	
	11 27		+ 9.4
	12 13		+ 9.5
	12 17	755.0	
	12 56		+ 7.0
	13 18	755.0	
	13 43		+ 6.0
	14 18	754.5	
	14 34		+ 4.5
13	11 16		+ 1.2
	11 29	756.2	
	12 4		+ 0.6
	12 45		− 0.3
	13 29	757.1	
18	10 46		+ 5.0
	10 49	756.7	
	11 55		+ 3.7
	12 35		+ 3.4
	12 49	756.3	

1893	Θ	B	T
April 20	11h 54m		+ 10°.8
	11 57	753mm.2	
	12 37		+ 10.0
	13 10		+ 9.5
	13 55		+ 8.5
	13 57	753.3	
	14 17		+ 9.0
	14 57	753.2	
23	11 42		+ 8.2
	12 9	757.2	
	12 31		+ 7.0
	13 8	757.2	+ 6.7
24	12 5		+ 8.1
	12 12	752.7	
	12 47		+ 7.1
	13 26		+ 6.4
	14 12	752.7	
25	11 10		+ 10.3
	11 16	752.7	
	12 0		+ 9.5
	12 45		+ 8.3
	13 16	752.8	
28	12 28	748.9	
	12 30		+ 4.1
	13 13		+ 3.6
	13 59		+ 3.8
	14 28	749.4	
Mai 8	12 7	754.9	
	12 20		+ 13.0
	13 2		+ 12.5
	13 8	755.3	
11	12 2		+ 12.2
	12 10	754.3	
	12 43		+ 11.0
	13 33		+ 10.2
	14 19	754.4	
12	11 23	753.5	
	11 55		+ 13.5
	12 31		+ 12.5
	13 5		+ 12.0
	13 23	753.6	
Oct. 27	1 25	750.7	+ 4.0
	2 17		+ 4.5
	3 5		+ 4.3
	3 26	751.4	

1893	Θ	B	T
Nov. 9	1h 17m	759mm.5	
	1 28		− 1°.6
	2 22		− 2.1
	3 15		− 2.5
	3 17	758.9	
	4 1		− 2.5
	4 47		− 2.9
	5 17	758.7	
10	1 21	755.8	
	1 41		− 3.2
	2 40		− 4.0
	3 21	755.8	
	3 34		− 4.1
Dec. 2	1 48	760.6	
	2 1		− 2.0
	3 4		− 2.6
	3 48	760.8	
	3 53		− 3.5
	4 39		− 3.3
	4 48	760.8	
	5 23		− 3.9
	5 48	760.7	
8	4 4		− 2.8
	4 12	748.4	
	5 3		− 3.6
	5 11	748.0	
	5 58		− 3.7
	6 11	747.5	
1894 Jan. 2	3 50	760.0	
	4 1		− 9.9
	5 22		− 10.7
	5 50	761.0	
10	3 58		− 6.5
	4 6		− 7.1
	4 21	758.6	
	5 19		− 7.0
	5 21	759.0	
11	4 7		− 7.0
	4 25	759.2	
	5 11		− 7.5
	5 25	759.2	
	5 46		− 8.8
	6 25	759.1	

1894	Θ	B	T
Jan. 13	$4^h 13^m$		$-4^\circ.0$
	4 33	$759^{mm}.3$	
	4 58		− 6.2
	5 33	759.1	
	5 51		− 5.8
	6 33	758.7	
25	4 20	753.3	
	4 43		+ 0.2
	5 30		− 0.1
	6 2		− 0.5
	6 20	752.9	
29	4 35		+ 0.7
	4 36	753.8	
	5 2		+ 0.6
	5 19		+ 0.5
	6 0		+ 0.2
	6 36	753.8	
Febr. 8	5 15	754.5	
	5 20		+ 4.6
	6 5		+ 4.0
	6 43		+ 3.5
	7 15	755.2	
20	5 4	764.1	
	5 19		− 3.2
	6 2		− 4.0
	6 4	764.1	
	6 36		− 4.0
	7 4	763.8	− 4.2
22	4 5		− 1.0
	4 11	757.7	
	4 48		− 0.5
	5 11	757.6	
	5 26		− 1.5
	7 4		− 2.2
	7 12	757.4	
	7 58		− 4.0
	8 12	757.4	
	8 43		− 4.5
	9 12	757.0	
März 22	8 1	759.3	
	8 35		+ 4.0
	9 29		+ 3.5
	10 1	759.7	

1894	Θ	B	T
März 23	$8^h 5^m$	$760^{mm}.9$	
	8 36		$+ 7^\circ.8$
	9 33		+ 6.1
	10 5	761.1	
	10 17		+ 5.6
24	8 9	761.2	
	8 16		+ 5.8
	9 3		+ 4.7
	9 50		+ 4.0
	10 9	761.2	
26	7 17	754.5	
	7 43		+ 8.2
	8 17	754.5	
	8 33		+ 7.8
	9 17	754.5	
	9 22		+ 7.3
27	8 21	752.4	
	8 32		+ 10.0
	9 27		+ 10.1
	10 15		+ 9.5
	10 21	752.6	
28	8 25	758.6	
	8 39		+ 7.8
	9 30		+ 6.4
	10 16		+ 5.9
	10 25	759.2	
April 3	8 48	750.6	
	8 52		+ 6.5
	9 45		+ 5.1
	10 27		+ 4.1
	10 48	751.0	
7	11 4	753.8	
	11 43		+ 10.0
	12 25		+ 9.0
	13 4	753.9	
	13 11		+ 8.1
9	11 12	754.5	
	11 36		+ 10.1
	12 30		+ 9.8
	13 12	754.6	
	13 14		+ 9.0
10	11 12		+ 9.8
	11 16	755.0	
	12 3		+ 8.9
	12 50		+ 8.2
	13 16	755.2	

1894	Θ	B	T
April 12	$11^h 22^m$		+ 3.[illegible]
	11 24	$747^{mm}.9$	
	12 27		+ 3.0
	13 8		+ 3.[illegible]
	13 24	747.7	
23	11 43		+ 7.[illegible]
	12 8	746.6	
	12 36		+ 6.0
	13 17		+ 6.[illegible]
	14 8	747.0	
25	11 15	749.7	
	11 29		+ 14.[illegible]
	12 15	749.7	
	12 17		+ 14.[illegible]
	12 55		+ 13.7
	13 15	749.7	
Mai 6	10 58	748.2	
	11 29		+ 10.1
	12 19		+ 9.1
	12 58	748.6	
	13 2		+ 8.5
8	11 58		+ 11.0
	12 7	754.1	
	12 50		+ 10.5
	13 25		+ 9.8
	14 7	754.5	
9	12 10	750.9	
	12 12		+ 13.1
	12 55		+ 12.2
	13 33		+ 11.5
	14 10	750.8	
15	12 34	751.3	+ 18.4
	13 22		+ 18.5
	14 9		+ 17.1
	14 34	751.5	
16	12 38	752.1	
	13 5		+ 1[illegible].1
	13 41		+ 18.5
	14 38	752.5	
19	11 50	749.4	
	12 25		+ 10.0
	13 16		+ [illegible]
	13 50	749.2	
	14 2		+ 8.[illegible]

II. Bestimmung der Theilungsfehler der Scalen.

Die meisten Repsold'schen Heliometer sind mit einem besonderen Apparate versehen, der es gestattet, die Theilungsfehler der Scalen ohne Abnehmen des Objectivkopfes zu bestimmen. Derselbe besteht aus einem Mikroskope mit Reflexionsprisma vor dem Objective, das auf einem cylindrischen Schlitten längs der Scalen verschoben werden kann und es ermöglicht, innerhalb gewisser Grenzen die jeweilige relative Lage der Scalen gegen einander an beliebigen Punkten derselben zu ermitteln. Eine detaillirte Beschreibung nebst Abbildung dieser Mikroskopvorrichtung hat David Gill in den Monthly Notices XLIX No. 3 gegeben. Eine derartige Vorrichtung besitzt verschiedene Vortheile, von denen der wesentlichste der ist, dass die Untersuchung der Theilungsfehler neben den laufenden Beobachtungen her und ohne jede Unterbrechung derselben durchgeführt werden kann. Gegen sie einzuwenden aber ist, dass ein vom eigentlichen Scalenmikroskope völlig verschiedenes Mikroskop zur Verwendung kommt, wodurch eine andere Auffassung der Theilstriche bedingt werden kann, und dass es bei ihr nicht möglich ist, beliebige Theile der einen Scala mit allen Theilen der anderen zu vergleichen. Bei der Bestimmung der Theilungsfehler am Leipziger Heliometer ist aus diesen beiden Gründen von der Verwendung eines derartigen Mikroskopes abgesehen worden und nach dem Vorschlage von Herrn Bruns ein anderes Verfahren eingeschlagen worden. Der springende Punkt bei letzterem war der, dass einerseits durch Lösung der die symmetrische Verschiebung der Hälften bewirkenden Balancirvorrichtung den beiden Scalen innerhalb der von der Construction des Objectivkopfes bedingten Grenzen völlig freie Bewegung gegen einander gegeben wurde, und dass andererseits das Scalenmikroskop dem vom Heliometer abgenommenen Objectivkopfe gegenüber so aufgestellt wurde, dass es um eine durch den Drehpunkt der Objectivschieber gehende und zu der durch die Schnittlinie und die Rohrachse gelegten Ebene senkrechten Achse drehbar war. Der erstere Umstand ermöglichte es, jeden beliebigen

Strich der einen Scala mit jedem beliebigen Strich der anderen in Coincidenz zu bringen; der letztere Umstand gestattete es, das bei den Messungen am Himmel benutzte Scalenmikroskop auch zur Untersuchung der Theilungsfehler zu verwenden.

Als Beobachtungsraum diente der im Kellergeschoss des Beamtenhauses gelegene Comparatorraum. Die Temperatur desselben war in den Sommermonaten eine ziemlich gleichmässige, beim Eintreten der kälteren Jahreszeit konnte sie mit Hilfe eines Gasofens regulirt werden. Der Comparatorraum besitzt in seiner ganzen Längsausdehnung ein gegen seine Umgebung isolirtes Backsteinfundament. Auf diesem wurden zwei aus grossen Thonrohren mit Cementbetonfüllung bestehende Pfeiler von 1 m Höhe und 35 bezw. 50 cm Durchmesser errichtet, deren Mitten nicht ganz 2 m Abstand von einander hatten. Auf diesen Pfeilern war die zur Untersuchung der Theilungsfehler benutzte Vorrichtung aufgebaut. Die Anordnung ist aus dem schematischen Aufrisse in der beigegebenen Tafel ersichtlich. *I* und *II* sind die beiden Pfeiler. *I* trägt das Stativ, um dessen verticale Achse das Scalenmikroskop sich dreht, *II* trägt den Objectivkopf und die Vorrichtung zur Verschiebung des Mikroskopes längs der Scalen. Der mit drei Stellschrauben auf dem Pfeiler *I* aufruhende Untertheil und die verticale Säule des Stativs *St* bilden ein massives Gussstück. Mit der in der Säule sauber eingeschliffenen Achse *A* ist ein Arm fest verbunden, der in die Muffe *M* endigt. Mittelst stellbarer Druckschrauben ist das Scalenmikroskop *SM* in dieser Muffe befestigt und zwar derart, dass sein Objectivende auf die V-förmige Gabel *V*, in welcher es frei lagert, noch einen leichten federnden Druck ausübt. Der Theil *G* am Stativ ist ein Gegengewicht, durch welches der grösste Theil des Gewichtes vom Scalenmikroskop ausbalancirt wird. Die Gabel *V* ist vermittelst eines Stiftes in der kräftigen Hülse *H* drehbar. Diese Hülse ihrerseits war an dem durch die Messschraube senkrecht zur Ebene der Zeichnung verschiebbaren Tischchen der Theilmaschine *T* befestigt, die auf dem Pfeiler *II* stand. Durch aufgelegte Gewichte war einer Verschiebung der Theilmaschine auf dem Pfeiler vorgebeugt. Die Drehung der Schraube der Theilmaschine und damit die Bewegung des Mikroskopes längs der Scalen geschah mit Hilfe eines auf die Kurbel *C* wirkenden Mitnehmers und eines Schnurlaufes vom Ocularende des Mikroskopes aus. Diese Theile, die isolirt von den Pfeilern

und dem Mauerfundamente angebracht waren, sind in der Zeichnung fortgelassen. — *R* ist ein schwerer gusseiserner Rahmen, der in drei Punkten auf dem Pfeiler *H* aufruht. Die verticale Rückwand desselben hat eine beiläufig dem Querschnitte des Heliometerrohres entsprechende kreisförmige Oeffnung. Vermittelst der Fussschrauben wurde die Rückwand genau vertical gestellt und an sie der Flansch *FF* des Objectivkopfes *K* angeschraubt. Eine starke Zugschraube *S* sicherte die feste Verbindung zwischen Rahmen und Pfeiler. Die Objectivhälften waren von den Schiebern des Objectivkopfes abgenommen und der die symmetrische Verschiebung der letzteren bewirkende Balancier gelöst, so dass jeder Schieber unabhängig von dem anderen zu bewegen war. Die Bewegung des unteren Schiebers erfolgte genau in der Weise wie bei den Beobachtungen am Heliometer vom Beobachter aus vermittelst einer auf die Bewegungsschraube desselben wirkenden Lenkstange (in der Figur weggelassen), der obere Schieber konnte direct mit der Hand verstellt werden. Die Beleuchtung der beiden Scalen bewirkte, genau in derselben Weise wie bei den gewöhnlichen Messungen, eine kleine Glühlampe, die seitlich an der das Objectiv des Mikroskopes schützenden Düse *D* befestigt war. Das Mikrometer des Mikroskopes war genau in der nämlichen Weise orientirt wie am Heliometer selbst, so dass beim Uebergange vom höheren Theilstriche zum niederen die Ablesungen an der Trommel zunahmen. Zu Händen des Beobachters befand sich ein Umschalter, mittelst dessen die Lampe an der Düse und die Lampe zur Beleuchtung der Mikrometertrommel nach Bedarf eingeschaltet werden konnten.

Es ist angebracht, hier kurz auf die Lage des Scalenmikroskopes im Heliometerrohre einzugehen. Da die Schieber Cylinderführung haben und die Scalen auf die cylinderförmigen Schieber so aufgeschraubt sind, dass sie sich deren Form völlig anpassen müssen, war es bei der Construction des Heliometers nicht angängig, das Scalenmikroskop parallel zur Rohrachse anzuordnen. Damit die Absehenslinie des Mikroskopes in eine zur Theilung senkrechte Ebene zu liegen kommt, ist es erforderlich, dass dieselbe durch die Achse der Cylinderführung gelegt wird; sie direct durch den Drehpunkt der Schieber zu legen, ist des Heliometeroculares wegen nicht möglich. Bei horizontaler Stellung des Fernrohres und der Schnittlinie muss daher die Achse des Mikroskopes, die am Objectivende auf die Mitte

der seitlich von der Rohrachse gelegenen Scalen hinzielt, am Ocularende die Rohrachse in einem gewissen Abstande oberhalb oder unterhalb kreuzen. Eine durch die Mikroskopachse gelegte verticale Ebene schneidet dann bei Normalstellung der Ocularscala die Rohrachse im Orte des Fadenkreuzes, da nach der Construction des Heliometers der Brennpunkt des Objectivs mit dem Drehpunkte der Cylinderführung zusammenfällt. Es ist ersichtlich, dass sonach das Mikroskop, wenn es sich auch in einer Ebene mit der Achse der Cylinderführung befindet, doch einen kleinen Winkel mit dem Radius dieser Führung bildet. Derselbe beträgt beiläufig 3°, und es ist bei den beiden neben einander liegenden Theilungen wesentlich, dass auf ihn bei der Orientirung des Apparates zur Untersuchung der Theilungsfehler Rücksicht genommen werden und das Mikroskop auch hier genau so zur Theilung gestellt werden muss wie beim Heliometer selbst. Bei dem eingangs erwähnten Hilfsmikroskop zur Untersuchung der Theilung ist auf diesen Umstand keine Rücksicht genommen.

Vor der Abnahme des Objectivkopfes vom Heliometer war die Ocularscala auf Normalstellung eingestellt und Fernrohrachse und Schnittlinie waren mit Hilfe der Kreise in horizontale Lage gebracht worden. Das Ocularende des Scalenmikroskopes befand sich dann vertical über der Fernrohrachse. Durch Ablothen auf den Fussboden wurde hierauf in dieser Lage der horizontale Abstand des Heliometer-Fadenkreuzes vom Flansche des Objectivkopfes ermittelt; hierdurch war der Abstand des Drehpunktes der Schieber vom Flansche bekannt. In der nämlichen Weise wurde der horizontale Abstand des Mikroskopoculares vom Flansche und sein verticaler Abstand von einer durch die Schnittlinie gelegten horizontalen Ebene festgestellt. Bei der Abnahme des Objectivkopfes wurde ferner noch die Entfernung des Mikroskopendes in der Richtung der Mikroskopachse vom Flansche bestimmt. Hierdurch war alles bekannt, um die Neigung des Mikroskopes gegen den Drehungsradius reconstruiren zu können.

Nach der Aufstellung des Rahmens mit dem Objectivkopfe auf Pfeiler *II* war es zunächst erforderlich, die Lage der Symmetrieachse für die Schieberbewegung zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurde an Stelle einer Objectivhälfte auf den einen Schieber eine halbkreisförmige Messingplatte aufgeschraubt, die an der der optischen Achse der Objectivhälfte entsprechenden Stelle eine cylindrische Bohrung

hat. In diese Bohrung war ein kurzes Fernrohr mit Fadenkreuz fest eingelassen. Gegenüber dem Objectivkopf wurde in etwa 2 m Entfernung auf Pfeiler *I* ein Millimetermaassstab horizontal und dem Objectivkopfflansche parallel aufgestellt und für die beiden exstremsten Schieberstellungen die Lage des verticalen Fadens des Visirfernrohres innerhalb der Millimetertheilung bestimmt. Die Mitte beider Ablesungen an der Theilung entspricht der Mittelstellung des Schiebers. Um den Collimationsfehler des Visirfernrohres zu eliminiren, wurde bei unveränderter Stellung des Maassstabes die Operation unter Benutzung des anderen Schiebers wiederholt. Der im Mittel aus beiden Operationen gefundene Punkt der Millimetertheilung gehört der Verticalebene an, in welcher die gesuchte Symmetrieachse sich befindet. Ein zweiter Punkt derselben wurde mit Hilfe einer in 10 m Entfernung vom Objectivkopf horizontal aufgestellten Millimetertheilung ermittelt. Auf diese Weise war die horizontale Projection der Symmetrieachse festgelegt. Da die Entfernung des Drehpunktes vom Flansche und die Neigung des Skalenmikroskopes gegen seinen Drehungsradius durch die früher erwähnten Ablothungen bekannt waren, bot die weitere Orientirung keinerlei Schwierigkeiten. Für die Festlegung der durch die Schnittlinie gehenden Horizontalebene resp. zur Bestimmung der Stelle, wo sie die Säule des Statives *St* schneidet, diente ein kleines Universalinstrument, das als Nivellirinstrument benutzt wurde.

Die Berichtigung des Run am Scalenmikroskope erfolgte bei Coincidenzstellung der Schieber für die Mitte der Scalen. Der Umstand, dass der Run nach wiederholten Prüfungen sich längs der ganzen Scalen und auch bei den extremen Stellungen der Schieber gleich ergab, spricht jedenfalls dafür, dass der Drehungspunkt der Schieber und des Scalenmikroskopes thatsächlich zusammenfielen. Das Aussehen der Scalen und der Theilung war das gleiche wie bei den gewöhnlichen Messungen.

Zur Untersuchung gelangte

auf Scala *A* das Stück zwischen Strich 10 und Strich 350,
auf Scala *B* das Stück zwischen Strich 410 und Strich 750.

Die Untersuchung wurde so geführt, dass schliesslich die Theilungscorrection jeder einzelnen Strichabscisse innerhalb dieser Grenzen bestimmt war.

Das Arbeitsprogramm war das folgende:

1) Vergleichung der Länge des Gesammtintervalles von 340 Scalentheilen auf Scala *A* mit dem nämlichen Intervall auf Scala *B*.

2) Viertheilung des ganzen Intervalles auf jeder Scala.

3) Zerlegung der Scalenviertel in Fünferintervalle durch Siebenzehn-Theilung.

4) Bestimmung der Correctionen der einzelnen Strichabscissen in den Fünferintervallen.

Um Irrungen zu vermeiden, wurden die Scalen jeder Zeit so gestellt, dass der Strich auf Scala *A* in der Richtung der Theilung dem mit ihm zu vergleichenden auf Scala *B* folgte, so dass beim Uebergang vom ersteren zum letzteren immer die Ablesung der Trommel wuchs.

Es erwies sich als zweckmässig, den Abstand zweier mit einander zu vergleichenden Striche etwa 0ʳ25 der Mikrometerschraube des Scalenmikroskopes gross zu wählen.

Die lineare Länge eines Scalentheiles beträgt 0.2 mm. Einem Scalentheile entsprechen zwei Umdrehungen der Mikrometerschraube, es ist also 0ʳ01 = 1 Mikron = 1″. Im Nachfolgenden gebe ich die Correctionen der Strichabscissen und überhaupt die kleinen bei der Untersuchung der Theilungsfehler auftretenden Grössen in Mikron an.

Die periodischen Fehler der Mikrometerschraube sind bei diesen Messungen ohne jeden Einfluss, da immer nur Differenzen von Schraubenumdrehungen in die Rechnung eingehen, die wenige Hundertel einer Umdrehung betragen.

Eine am Schlusse ausgeführte Neubestimmung der periodischen Schraubenfehler ergab übrigens das gleiche Resultat wie früher, dass nämlich diese Fehler keinen nachweisbaren Betrag erreichen. Aus den gleichen Gründen wie die Schraubenfehler ist auch der Run, der überdies immer sehr klein gehalten wurde, ohne Einfluss.

1) Vergleichung der Intervalle 10—350 und 410—750.

Diese Vergleichung wurde 20 Mal durchgeführt. Jede Vergleichung beruht auf je 10 Einstellungen beider Enden beider Scalen, also auf je 20 Einstellungen im Ganzen. Die Messungen wurden ebenso wie alle folgenden symmetrisch durchgeführt, um der Zeit proportio-

nale Aenderungen zu eliminiren. Nach 5 Messungen des Abstandes der Striche 10 und 410 folgten 10 Messungen des Abstandes der Striche 350 und 750 und dann wurde nochmals 5 Mal der Abstand der Striche 10 und 410 gemessen. Es ergaben sich für den Unterschied der verglichenen Strecken die 20 Werthe

7ʺ73	7ʺ21	7ʺ49	7ʺ76
7.86	7.66	7.85	7.78
7.06	7.59	7.98	8.13
7.88	7.05	8.20	7.70
8.52	7.84	8.80	7.77

oder im Mittel

$$7''79 \pm 0''096 .$$

Um diesen Betrag ist das Intervall 10—350 länger als das Intervall 410—750.

Der m.F. einer Bestimmung findet sich zu ± 0ʺ43. Da jede Bestimmung auf 10 Messungen des Längenunterschiedes der ganzen Intervalle beruht, folgt für den m.F. eines einzelnen gemessenen Strichabstandes ± 0ʺ96.

2) Viertheilung der Intervalle 10—350 und 410—750.

Die Correctionen der Abscissen der Endstriche 10 und 350, 410 und 750 sind Null gesetzt worden, so dass die Abscissencorrectionen für die Striche 95, 180, 265 und 495, 580, 665 zu bestimmen waren. Zu diesem Zwecke wurde jedes Viertelintervall der einen Scala mit jedem Viertelintervalle der anderen verglichen. Die Messungen wurden jedoch nicht vollständig unabhängig von einander angestellt, sondern es wurde — ebenso wie bei allen weiterhin folgenden Messungen — das von Herrn Lorentzen (A.N. Bd. 131) mitgetheilte Verfahren angewendet. Nach diesem wird zunächst das erste Viertel von Scala *A* (10—95) mit dem letzten Viertel von Scala *B* (665—750) bis auf den Bruchtheil eines Scalenintervalles zur Coincidenz gebracht und hierauf der Abstand der Striche 10 und 665 (je 2 Einstellungen), dann der Striche 95 und 750 (je 4 Einstellungen) und hierauf wieder der der Striche 10 und 665 (je 2 Einstellungen) mit der Mikrometerschraube des Scalenmikroskopes gemessen. Diese Messungen bilden einen in sich unabhängigen Satz.

Beim nächsten Satze befinden sich Strich 10 und 580 nahezu in Coincidenz und es werden hinter einander, je durch 2 Einstellungen die Abstände der Striche 10 und 580, 95 und 665, 180 und 750 und ebenso wieder rückwärts durch je 2 Einstellungen die Abstände von 180 und 750, 95 und 665, 10 und 580 gemessen. Bei den weiteren Sätzen befinden sich der Reihe nach in genäherter Coincidenz die Striche 10 und 495, 10 und 410, 95 und 410, 180 und 410, 265 und 410, so dass also bei dem letzten Satze das letzte Viertel von Scala *A* mit dem ersten Viertel von Scala *B* sich in genäherter Coincidenz befindet. Das Schema für die ganze Messung einer Viertheilung ist mithin das folgende

10	95			
665	750			
10	95	180		
580	665	750		
10	95	180	265	
495	580	665	750	
10	95	180	265	350
410	495	580	665	750
95	180	265	350	
410	495	580	665	
180	265	350		
410	495	580		
265	350			
410	495			

Die Viertheilung ist im Ganzen 16 Mal durchgeführt worden.

Nehmen wir den allgemeinen Fall an, es sollten die Correctionen für die Strichabscissen eines aus *n* gleichen Intervallen bestehenden Stückes der Scala *A* und eines aus *n* gleichgrossen Intervallen bestehenden Stückes der Scala *B* bestimmt werden, und die hierzu erforderlichen Messungen seien in der eben beschriebenen Weise angestellt worden. Die in Betracht kommenden Striche seien beziffert von 0 bis *n* und zwar sollen unter

$$\alpha_0 \; \alpha_1 \; \alpha_2 \; \ldots\ldots \; \alpha_p \; \alpha_{p+1} \; \ldots\ldots \; \alpha_{n-1} \; \alpha_n$$

die Striche auf *A* und unter

$$\beta_0 \; \beta_1 \; \beta_2 \; \ldots\ldots \; \beta_p \; \beta_{p+1} \; \ldots\ldots \; \beta_{n-1} \; \beta_n$$

die Striche auf *B* verstanden sein.

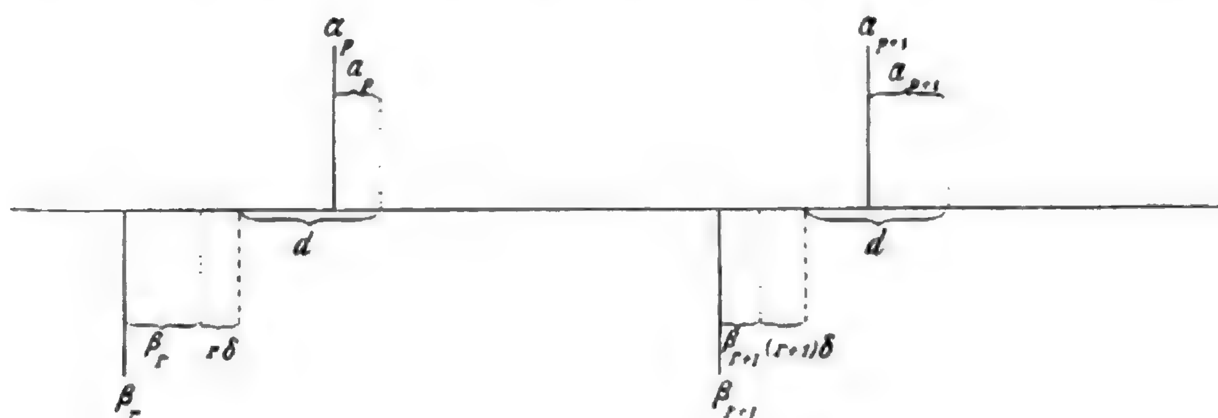
Gleichzeitig bezeichnen $\alpha_0 \ldots \alpha_n$ und $\beta_0 \ldots \beta_n$ auch die an die Abscissen dieser Striche anzubringenden Correctionen. Die an die Ablesungen der Striche zur Berücksichtigung der Theilungsfehler anzubringenden Correctionen sind gleich den negativen Werthen der Correctionen der Strichabcissen. Angenommen wird

$$\alpha_0 = 0 \quad \alpha_n = 0 \qquad \beta_0 = 0 \quad \beta_n = 0 .$$

Um die Intervalle auf beiden Scalen mit einander vergleichbar zu machen, muss noch die Festsetzung getroffen werden

$$1 \text{ Intervall auf } A = 1 \text{ Intervall auf } B + \delta ,$$

so dass die Gesammtlänge des n Intervalle umfassenden Stückes auf Scala A um $n\delta$ grösser ist als die auf B und dass an die Einstellungen auf den Strich β_n noch die Correction $-n\delta$ anzubringen ist.



In der obenstehenden Figur bezeichnen die ausgezogenen Verticallinien die Lage der thatsächlich auf den Scalen eingerissenen Striche α_p α_{p+1} β_r β_{r+1}; die punktirten Verticallinien geben an, wo der Strich zu liegen hätte, wenn er fehlerfrei gezogen wäre, geben also die Lage des um seine Abscissencorrection verbesserten thatsächlichen Striches an. Die gestrichelten Linien auf Scala B bezeichnen die Stellungen, welche die Striche β_r und β_{r+1} haben müssten, wenn die Intervalle auf B nicht nur unter einander, sondern auch gegen die auf A völlig gleich wären. Bei β_r ist demnach der gestrichelte Strich von dem punktirten um $r\delta$ entfernt; der gegenseitige Abstand der analogen Striche bei β_{r+1} beträgt $(r+1)\delta$. Jeder gestrichelte Strich auf B aber muss von dem ihm benachbarten punktirten Striche auf A absolut gleichen Abstand haben. Die Grösse dieses Abstandes (d)

ist eine willkürliche Constante, welche nur von der zufälligen gegenseitigen Lage der beiden Scalen innerhalb eines Satzes abhängt und von Satz zu Satz wechseln kann.

Bezeichnet ferner A eine gewisse, von der Stellung der verschiedenen Theile abhängende Constante, so sind die zur Messung des Abstandes der Striche α_{p+1} und β_{r+1} gehörigen Ablesungen der Mikrometertrommel, da die Ablesungen beim Uebergange von α_{p+1} zu β_{r+1} wachsen,

bei Einstellung auf α_{p+1}: $\quad A_{p+1} = A + \alpha_{p+1}$

» » » β_{r+1}: $\quad B_{r+1} = A + d + (r + 1)\delta + \beta_{r+1}$.

Ebenso hat man bei Messung des Abstandes des in der Theilung vorausgehenden Strichpaares α_p und β_r

Einstellung auf α_p: $\quad A_p = B + \alpha_p$

» » β_r: $\quad B_r = B + d + r\delta + \beta_r$,

wo B eine andere Constante ist.

Hieraus findet sich

Abstand des Striches β_{r+1} vom Striche α_{p+1}:

$$B_{r+1} - A_{p+1} = d + \beta_{r+1} + r\delta + \delta - \alpha_{p+1},$$

Abstand des Striches β_r vom Striche α_p:

$$B_r - A_p = d + \beta_r + r\delta - \alpha_p .$$

Zieht man beide Werthe von einander ab, so ergiebt sich

$$(B_{r+1} - B_r) - (A_{p+1} - A_p) = (\beta_{r+1} - \beta_r) - (\alpha_{p+1} - \alpha_p) + \delta = \Delta(p, r).$$

Dieser Ausdruck enthält keine willkürliche Constante mehr, sondern nur noch die gesuchten Grössen. Aus den Werthen $\Delta(p, r)$ sind die Grössen α, β, δ zu bestimmen. Im Ganzen liefern die zur Bestimmung der Abscissencorrectionen der Striche zweier Scalenstücke, von denen jedes n Intervalle enthält, ausgeführten Messungen n^2 Werthe von $\Delta(p, r)$. Dieselben lassen sich in der nachfolgenden Weise ordnen.

Scala B

Scala A \ Scala B	0 — 1	1 — 2	2 . . r	r — $r+1$	$r+1$ . . $n-1$	$n-1$ — n
0 — 1	$\Delta(0,0)$	$\Delta(0,1)$	. .	$\Delta(0,r)$	. .	$\Delta(0,n-1)$
1 — 2	$\Delta(1,0)$	$\Delta(1,1)$	. .	$\Delta(1,r)$	. .	$\Delta(1,n-1)$
.	.	.	. .	.	. .	.
.	.	.	. .	.	. .	.
p — $p+1$	$\Delta(p,0)$	$\Delta(p,1)$	. .	$\Delta(p,r)$	. .	$\Delta(p,n-1)$
.	.	.	. .	.	. .	.
.	.	.	. .	.	. .	.
$n-1$ — n	$\Delta(n-1,0)$	$\Delta(n-1,1)$	. .	$\Delta(n-1,r)$	. .	$\Delta(n-1,n-1)$

Für die Summen der einzelnen Horizontalreihen ergiebt sich, da $\alpha_0 = 0$, $\alpha_n = 0$, $\beta_0 = 0$ und $\beta_n = 0$ ist, der Reihe nach

$$
\begin{array}{ll}
-n\alpha_1 & +n\delta \\
-n(\alpha_2 - \alpha_1) & +n\delta \\
-n(\alpha_3 - \alpha_2) & +n\delta \\
\cdots & \cdots \\
\cdots & \cdots \\
-n\alpha_{n-1} & +n\delta
\end{array}
$$

Aus den Verticalreihen folgt durch Aufsummiren

$$
\begin{array}{ll}
n\beta_1 & +n\delta \\
n(\beta_2 - \beta_1) & +n\delta \\
n(\beta_3 - \beta_2) & +n\delta \\
\cdots & \cdots \\
\cdots & \cdots \\
n\beta_{n-1} & +n\delta
\end{array}
$$

Die Gesammtsumme der n^2 Werthe von $\Delta(p, r)$ aber findet sich zu

$$n^2\delta\,.$$

Nachdem also aus der Gesammtsumme δ bestimmt ist, lassen sich die Werthe der Abscissencorrectionen $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3\ \ldots\ \alpha_{n-1}$ aus den

Summen der Horizontalreihen, die Werthe von $\beta_1 \beta_2 \beta_3 \ldots \beta_{n-1}$ aus den Summen der Verticalreihen ermitteln.

Dieses Verfahren ist bei der Viertheilung der Intervalle 10—350 und 410—750 angewendet worden, und es haben sich auf diese Weise aus den 16 Ausführungen der Viertheilung die im Folgenden aufgeführten Werthe gefunden. Die Messungen sind in zwei zeitlich um 3 Monate auseinander liegenden Reihen ausgeführt worden, die ich der besseren Vergleichung wegen auch hier getrennt gehalten habe. Seiner früheren Definition nach ist hier δ der Betrag, welcher einem mittleren Viertelintervall (= 85 Scalentheilen) von Scala B hinzuzufügen ist, um es einem mittleren Viertelintervall von Scala A gleich zu machen. 4δ ist demnach gleich der Differenz der Intervalle 10—350 und 410—750.

Ich habe im Folgenden den Betrag 4δ angesetzt, um einen directen Vergleich mit dem aus der vorhergehenden Operation erlangten Resultate zu haben.

Correctionen der Strichabscissen.

	95	180	265	495	580	665	4δ
	+ 0″.89	+ 0″.58	+ 0″.92	— 0″.70	— 1″.24	— 0″.14	8″.512
	+ 0.91	+ 0.41	+ 0.43	— 1.11	— 1.85	— 0.52	8.188
	+ 0.77	+ 0.57	+ 1.02	— 0.90	— 1.08	— 0.37	8.062
	+ 0.50	+ 0.27	+ 0.80	— 0.69	— 0.68	— 0.42	8.231
	+ 0.60	+ 0.46	+ 0.51	— 0.77	— 1.48	— 0.49	7.250
	+ 0.65	+ 0.50	+ 0.49	— 1.01	— 1.52	— 0.72	7.981
	+ 0.57	+ 0.53	+ 0.41	— 0.71	— 1.01	— 0.06	8.075
	+ 0.64	+ 0.82	+ 0.74	— 1.18	— 0.97	— 0.41	7.700
	+ 0.27	+ 0.53	0.00	— 0.30	— 1.36	— 0.21	8.070
	+ 0.35	+ 0.34	+ 0.38	— 0.97	— 1.26	— 0.66	7.990
	+ 0.82	+ 0.56	+ 0.62	— 1.00	— 0.75	— 0.50	7.930
	+ 0.06	+ 0.56	+ 0.38	— 0.84	— 1.66	— 0.60	8.280
	+ 0.50	+ 0.86	+ 0.39	— 0.80	— 1.35	— 0.50	7.690
	+ 0.52	+ 0.65	+ 0.91	— 0.97	— 1.79	— 0.62	8.010
	+ 0.11	+ 0.40	+ 0.88	— 0.45	— 1.43	— 0.38	8.240
	+ 0.53	+ 0.36	+ 0.57	— 0.74	— 1.54	— 0.48	8.440
1. Reihe	+ 0.69	+ 0.52	+ 0.66	— 0.88	— 1.23	— 0.39	8.000
2. Reihe	+ 0.39	+ 0.53	+ 0.52	— 0.76	— 1.39	— 0.49	8.081
Mittel	+ 0.543	+ 0.525	+ 0.591	— 0.821	— 1.311	— 0.442	8.041
m. F.	± 0.063	± 0.040	± 0.067	± 0.058	± 0.086	± 0.046	± 0.077

Der m. F. einer auf 16 Bestimmungen beruhenden Abscissencorrection findet sich im Durchschnitte zu ± 0".062.

3) Siebenzehntheilung der Intervalle 10—95, 95—180, 180—265, 265—350 und 410—495, 495—580, 580—665, 665—750.

Durch diese Operation werden die Scalenviertel in Intervalle von 5 Scalentheilen zerlegt, und es werden die Correctionen für die Abscissen eines jeden Fünfer- und Zehnerstriches ermittelt. Innerhalb eines jeden Satzes wurde jeder Strichabstand (Abstand zweier in genäherter Coincidenz befindlicher Striche) einmal bei der Hinmessung und einmal bei der Rückmessung gemessen. Die Siebenzehn-Theilung wurde für jedes Scalenviertel 4 Mal unabhängig durchgeführt, indem zu dieser Theilung für jedes einzelne Viertel von Scala *A* nach einander die vier verschiedenen Viertel von Scala *B* benutzt wurden. Für die Angabe der Combination der Viertel ist bei der Wiedergabe der Resultate die folgende Bezeichnung in Anwendung gebracht worden:

$$10—95 = a_1 \quad 95—180 = a_2 \quad 180—265 = a_3 \quad 265—350 = a_4$$
$$410—495 = b_1 \quad 495—580 = b_2 \quad 580—665 = b_3 \quad 665—750 = b_4 .$$

Die Correctionen für die Abscissen der die Viertel begrenzenden Endstriche 10 95 180 265 350 und 410 495 580 665 750 sind bei der Ableitung der nachstehenden Resultate Null gesetzt worden; die aufgeführten Abscissencorrectionen sind daher nur relative. Um aus ihnen die wirklichen, auf die ganze Strecke 10—350 bez. 410—750 bezogenen Correctionen zu erlangen, müssen noch die bereits bestimmten Abscissencorrectionen der Endstriche der Viertel berücksichtigt werden. Es geschieht dies weiterhin.

Die Grösse δ bezieht sich hier auf ein mittleres Intervall von 5 Scalentheilen. Da in Folge der thatsächlich vorhandenen Theilungsfehler der Striche 95 180 265 und 495 580 665 weder auf Scala *A* noch auf Scala *B* die einzelnen Viertel unter einander genau gleich lang sind, hat ein solches mittleres Intervall von 5 Scalentheilen für jedes Viertel der nämlichen Scala nicht absolut gleiche Länge, und es muss daher im Allgemeinen jede Combination einen anderen Werth für δ ergeben.

Abscissencorrectionen, bezogen auf die Endstriche der Scalenviertel.

	a_1b_1	a_1b_2	a_1b_3	a_1b_4	Mittel
10	0″	0″	0″	0″	0″
15	+ 0.32	+ 0.39	+ 0.25	+ 0.13	+ 0.27
20	+ 0.51	+ 0.49	+ 0.67	+ 0.31	+ 0.49
25	+ 1.65	+ 1.69	+ 2.15	+ 1.71	+ 1.80
30	− 0.13	− 0.03	− 0.08	− 0.37	− 0.15
35	− 0.16	− 0.06	+ 0.24	− 0.07	− 0.01
40	+ 0.69	+ 0.44	+ 1.02	+ 0.55	+ 0.67
45	+ 0.11	+ 0.06	+ 0.51	− 0.39	+ 0.07
50	− 0.50	− 0.61	− 0.25	− 0.38	− 0.43
55	+ 0.16	0.00	+ 0.31	+ 0.15	+ 0.15
60	− 0.99	− 0.92	− 0.65	− 0.94	− 0.87
65	+ 0.06	− 0.06	+ 0.38	− 0.20	+ 0.04
70	+ 0.09	+ 0.36	+ 0.58	+ 0.59	+ 0.40
75	+ 0.42	+ 0.46	+ 0.79	+ 0.65	+ 0.58
80	+ 0.02	− 0.11	+ 0.41	− 0.15	+ 0.04
85	− 0.51	− 0.21	− 0.07	− 0.34	− 0.28
90	+ 0.53	+ 0.59	+ 0.88	+ 0.66	+ 0.66
95	0	0	0	0	0

	b_1a_1	b_1a_2	b_1a_3	b_1a_4	Mittel
410	0″	0″	0″	0″	0″
415	+ 0.35	+ 0.58	+ 0.82	− 0.41	+ 0.33
420	+ 0.42	+ 0.62	+ 0.64	+ 0.18	+ 0.46
425	+ 1.34	+ 1.35	+ 1.58	+ 1.33	+ 1.40
430	+ 0.33	+ 0.36	− 0.06	− 0.62	0.00
435	+ 0.26	+ 0.65	+ 0.46	+ 0.28	+ 0.41
440	0.00	+ 0.17	+ 0.09	+ 0.24	+ 0.12
445	+ 0.26	+ 0.23	+ 0.08	− 0.01	+ 0.14
450	− 0.87	− 0.47	− 0.46	− 0.48	− 0.57
455	+ 0.13	+ 0.39	+ 0.25	+ 0.51	+ 0.32
460	− 0.66	− 0.66	− 0.85	− 0.98	− 0.79
465	− 0.28	− 0.33	− 0.30	− 0.35	− 0.31
470	− 0.23	− 0.39	− 0.43	− 0.08	− 0.28
475	− 0.43	− 0.31	− 0.46	+ 0.15	− 0.26
480	− 0.34	− 0.47	− 0.55	− 0.09	− 0.36
485	− 0.38	− 1.04	− 1.30	− 0.38	− 0.77
490	+ 0.03	− 0.16	− 0.20	+ 0.30	− 0.01
495	0	0	0	0	0
δ	+0″.0485	+0″.1175	+0″.1515	+0″.1045	+0″.1055

m. F. einer Correction (Mittel aus allen 4 Bestimmungen):

± 0″.102 ± 0″.131

	a_2b_1	a_2b_2	a_2b_3	a_2b_4	Mittel
95	0″	0″	0″	0″	0″
100	+ 0.68	+ 1.03	+ 0.76	+ 0.65	+ 0.78
105	− 0.12	+ 0.12	− 0.04	+ 0.01	− 0.01
110	+ 0.05	+ 0.05	+ 0.24	− 0.27	+ 0.02
115	− 0.06	+ 0.04	− 0.49	+ 0.06	− 0.11
120	+ 0.33	+ 0.17	+ 0.54	+ 0.44	+ 0.37
125	− 1.23	− 0.63	− 0.99	− 0.78	− 0.91
130	− 0.09	+ 0.52	− 0.23	+ 0.02	+ 0.05
135	− 0.28	− 0.26	− 0.31	− 0.14	− 0.25
140	− 1.30	− 0.91	− 0.82	− 0.99	− 1.00
145	− 0.09	0.00	+ 0.05	+ 0.25	+ 0.05
150	− 1.17	− 1.03	− 1.20	− 0.80	− 1.05
155	− 1.22	− 0.92	− 1.14	− 1.05	− 1.08
160	− 1.01	− 0.87	− 0.91	− 0.52	− 0.83
165	− 0.94	− 1.15	− 1.32	− 0.81	− 1.05
170	− 1.40	− 1.21	− 1.29	− 1.19	− 1.27
175	− 0.31	− 0.20	− 0.56	+ 0.10	− 0.24
180	0	0	0	0	0

	b_2a_1	b_2a_2	b_2a_3	b_2a_4	Mittel
495	0″	0″	0″	0″	0″
500	+ 0.64	+ 0.31	+ 0.84	+ 0.78	+ 0.64
505	− 0.08	− 0.28	+ 0.06	− 0.02	− 0.08
510	+ 0.05	− 0.33	+ 0.14	− 0.22	− 0.09
515	− 0.53	− 0.46	0.00	− 0.67	− 0.41
520	+ 0.14	− 0.07	+ 0.26	− 0.06	+ 0.07
525	+ 0.12	− 0.29	− 0.46	− 0.18	− 0.20
530	+ 0.25	− 0.09	+ 0.39	+ 0.28	+ 0.21
535	+ 0.10	− 0.17	+ 0.17	+ 0.17	+ 0.07
540	− 0.97	− 1.38	− 0.79	− 0.98	− 1.03
545	+ 0.09	+ 0.04	+ 0.41	+ 0.40	+ 0.23
550	− 0.93	− 0.89	− 0.57	− 0.78	− 0.79
555	− 0.97	− 1.31	− 0.94	− 1.01	− 1.06
560	− 0.97	− 1.03	− 0.80	− 0.97	− 0.94
565	− 1.06	− 1.06	− 0.60	− 0.82	− 0.88
570	− 1.11	− 1.14	− 0.73	− 1.50	− 1.12
575	− 0.64	− 0.62	− 0.30	− 0.98	− 0.63
580	0	0	0	0	0
δ	+0″.0705	+0″.0540	+0″.0805	+0″.1550	+0″.0900

m. F. einer Correction (Mittel aus allen 4 Bestimmungen):

± 0″.098 ± 0″.108

Abscissencorrectionen, bezogen auf die Endstriche der Scalenviertel.

	a_3b_1	a_3b_2	a_3b_3	a_3b_4	Mittel
180	0"	0"	0"	0"	0"
185	− 0.04	− 0.36	− 0.32	+ 0.04	− 0.17
190	− 0.93	− 1.50	− 1.08	− 1.13	− 1.16
195	+ 0.42	− 0.08	− 0.14	+ 0.02	+ 0.05
200	+ 0.34	− 0.52	− 0.17	− 0.25	− 0.15
205	− 0.39	− 0.72	− 0.85	− 0.71	− 0.67
210	+ 0.75	+ 0.63	+ 0.58	+ 0.78	+ 0.68
215	+ 0.65	+ 0.19	+ 0.07	+ 0.12	+ 0.26
220	+ 0.08	− 0.64	− 0.52	− 0.11	− 0.30
225	+ 0.15	− 0.56	− 0.07	− 0.05	− 0.13
230	+ 1.18	− 0.03	+ 0.20	+ 0.87	+ 0.55
235	+ 0.63	− 0.10	− 0.08	+ 0.10	+ 0.14
240	− 1.02	− 1.43	− 1.31	− 1.21	− 1.24
245	+ 1.31	+ 0.70	+ 0.98	+ 0.96	+ 0.99
250	− 0.51	− 0.58	− 0.46	− 0.68	− 0.56
255	+ 0.30	+ 0.17	+ 0.21	− 0.13	+ 0.14
260	+ 0.79	+ 0.21	+ 0.35	+ 0.37	+ 0.43
265	0	0	0	0	0

	b_3a_1	b_3a_2	b_3a_3	b_3a_4	Mittel
580	0"	0"	0"	0"	0"
585	− 0.68	+ 0.02	− 0.23	− 0.01	− 0.22
590	− 1.27	− 1.21	− 1.28	− 0.84	− 1.15
595	− 0.05	+ 0.07	+ 0.14	+ 0.44	+ 0.15
600	− 0.44	− 0.24	− 0.39	− 0.18	− 0.31
605	− 1.23	− 1.00	− 0.87	− 0.92	− 1.00
610	+ 0.02	+ 0.33	+ 0.49	+ 0.38	+ 0.30
615	− 0.49	− 0.28	+ 0.34	− 0.06	− 0.12
620	− 1.30	− 0.79	− 0.63	− 0.70	− 0.85
625	− 0.60	− 0.75	− 0.38	− 0.42	− 0.54
630	− 0.12	− 0.70	+ 0.22	− 0.12	− 0.18
635	− 0.36	− 0.53	+ 0.28	− 0.33	− 0.23
640	− 1.73	− 1.70	− 1.17	− 1.36	− 1.49
645	− 0.29	− 0.15	− 0.12	− 0.03	− 0.15
650	− 1.48	− 0.92	− 0.50	− 1.06	− 0.99
655	− 0.77	− 0.40	0.00	− 0.19	− 0.34
660	− 0.66	− 0.13	+ 0.29	− 0.33	− 0.21
665	0	0	0	0	0
δ	+0".1620	+0".1650	+0".1990	+0".2450	+0".1927

m. F. einer Correction (Mittel aus allen 4 Bestimmungen):

± 0".145 ± 0".142

	a_4b_1	a_4b_2	a_4b_3	a_4b_4	Mittel
265	0"	0"	0"	0"	0"
270	+ 0.20	+ 0.16	+ 0.03	+ 0.33	+ 0.18
275	+ 0.35	+ 0.61	+ 0.90	+ 1.01	+ 0.72
280	+ 0.60	+ 0.70	+ 0.37	+ 0.46	+ 0.53
285	+ 0.29	+ 0.11	+ 0.02	+ 0.10	+ 0.14
290	+ 0.41	+ 0.04	+ 0.48	+ 0.55	+ 0.37
295	+ 1.13	+ 1.14	+ 0.83	+ 1.35	+ 1.11
300	+ 1.29	+ 0.92	+ 0.95	+ 0.98	+ 1.03
305	+ 0.69	+ 0.69	+ 0.44	+ 0.99	+ 0.70
310	+ 0.99	+ 1.00	+ 1.02	+ 1.01	+ 1.00
315	+ 1.01	+ 0.91	+ 0.78	+ 0.83	+ 0.88
320	+ 0.49	+ 1.03	+ 0.74	+ 0.88	+ 0.78
325	+ 0.19	− 0.19	− 0.17	− 0.42	− 0.15
330	− 0.16	− 0.06	− 0.30	− 0.23	− 0.19
335	− 0.32	+ 0.16	− 0.09	− 0.21	− 0.11
340	− 0.20	− 0.13	− 0.05	− 0.34	− 0.18
345	+ 0.62	+ 0.86	+ 1.18	+ 0.99	+ 0.91
350	0	0	0	0	0

	b_4a_1	b_4a_2	b_4a_3	b_4a_4	Mittel
665	0"	0"	0"	0"	0"
670	− 0.45	− 0.25	+ 0.18	− 0.43	− 0.24
675	− 0.02	+ 0.60	+ 0.52	− 0.14	+ 0.24
680	− 0.30	+ 0.41	+ 0.18	+ 0.01	+ 0.07
685	− 0.49	− 0.19	− 0.20	− 0.11	− 0.25
690	− 0.38	− 0.38	− 0.21	− 0.25	− 0.30
695	+ 0.86	+ 0.93	+ 1.38	+ 1.26	+ 1.11
700	+ 0.85	+ 0.86	+ 0.95	+ 0.80	+ 0.86
705	+ 0.83	+ 0.96	+ 1.10	+ 0.90	+ 0.95
710	+ 1.08	+ 1.22	+ 1.44	+ 1.24	+ 1.24
715	+ 0.87	+ 1.14	+ 1.01	+ 1.00	+ 1.00
720	+ 0.33	+ 1.08	+ 0.76	+ 0.54	+ 0.68
725	+ 0.42	+ 0.30	+ 0.62	+ 0.25	+ 0.40
730	+ 0.14	− 0.08	− 0.08	− 0.02	− 0.01
735	+ 0.60	+ 0.02	+ 0.24	+ 0.05	+ 0.28
740	− 0.25	− 0.40	− 0.22	− 0.46	− 0.33
745	+ 0.16	+ 0.54	+ 0.37	+ 0.68	+ 0.44
750	0	0	0	0	0
δ	+0".1345	+0".1525	+0".1555	+0".1340	+0".1441

m. F. einer Correction (Mittel aus allen 4 Bestimmungen):

± 0".093 ± 0".115

4) Fünftheilung der Fünferintervalle.

Durch diese Operation werden die Correctionen für die Abscissen der zwischen den Fünfer- und Zehnerstrichen liegenden Striche ermittelt. Die Fünfer- und Zehnerstriche sind hierbei als fehlerfrei vorausgesetzt, die abgeleiteten Abscissencorrectionen sind mithin relative, bezogen auf die Länge des Fünferintervalles, welchem die betreffenden Striche angehören. Die Fünftheilung wurde für jedes Intervall 2 Mal durchgeführt. Jeder Strichabstand wurde ebenfalls wieder je 1 Mal bei der Hinmessung und je 1 Mal bei der Rückmessung gemessen. Um Verwechslungen zu vermeiden, sind bei beiden unabhängigen Messungen immer nur die bei Coincidenzstellung der Hälften einander gegenüberliegenden Fünferintervalle mit einander verbunden worden, also 10—15 mit 410—415, 15—20 mit 415—420 u. s. w.

In den folgenden Tabellen sind unter I und II die beiden Bestimmungen dieser relativen Abscissencorrectionen aufgeführt. Die bei Ableitung derselben mit erhaltene Grösse δ ist hier fortgelassen worden. Sie giebt den Betrag an, welcher zu einem mittleren Scalentheile eines Fünferintervalles auf Scala *B* zuzulegen ist, um ihn einem mittleren Scalentheile des bei Coincidenzstellung gegenüberliegenden Fünferintervalles auf Scala *A* gleichzumachen. Durch Aufsummiren dieser Beträge längs der ganzen Scala erhält man eine Vergleichung der ganzen Intervalle 10—350 und 410—750; der so erhaltene Werth hat aber nur ein sehr geringes Gewicht, so dass er gegenüber den bereits bekannten Vergleichungen gar nicht in Betracht kommt.

In der Columne *C* sind in den folgenden Tabellen, um Platz zu sparen, gleich auch die definitiven Abscissencorrectionen der Striche aufgeführt. Die Herleitung derselben wird pag. 303 seq. behandelt.

Strich	I	II	C	Strich	I	II	C
10	0″	0″	0″.00	410	0″	0″	−3″.96
11	+0.84	+0.87	+0.92	411	+0.72	+0.69	−3.17
12	+0.48	+0.21	+0.47	412	+0.15	−0.04	−3.74
13	+0.65	+0.40	+0.71	413	+0.39	+0.47	−3.29
14	−0.89	−0.36	−0.38	414	−0.47	+0.28	−3.73
15	0	0	+0.34	415	0	0	−3.55
16	+0.71	+0.57	+0.99	416	+1.16	+0.95	−2.46
17	+0.27	+0.08	+0.58	417	+0.98	+0.59	−2.69
18	−0.31	−0.53	+0.04	418	−0.21	−0.55	−3.81
19	+0.78	+0.87	+1.33	419	+0.99	+1.29	−2.26
20	0	0	+0.56	420	0	0	−3.36
21	−0.17	−0.50	+0.49	421	−0.35	−0.61	−3.64
22	+0.86	+0.40	+1.72	422	+0.69	+0.80	−2.21
23	−0.26	−0.93	+0.77	423	−0.88	−0.87	−3.63
24	+0.01	−0.25	+1.51	424	+0.45	+0.53	−2.06
25	0	0	+1.90	425	0	0	−2.35
26	−0.60	−0.60	+0.91	426	+0.32	−0.20	−2.56
27	+0.50	+0.81	+1.78	427	+0.41	−0.08	−2.72
28	−0.24	−0.44	+0.40	428	+0.09	+0.01	−3.10
29	−0.01	−0.21	+0.25	429	−0.15	−0.10	−3.54
30	0	0	−0.02	430	0	0	−3.68
31	+0.27	+0.47	+0.38	431	+0.02	+0.11	−3.52
32	−0.16	−0.50	−0.29	432	−0.28	0.00	−3.63
33	+0.35	+0.39	+0.45	433	+1.05	+0.82	−2.46
34	+0.21	−0.23	+0.10	434	+0.04	+0.33	−3.11
35	0	0	+0.15	435	0	0	−3.20
36	+0.17	+0.07	+0.41	436	+0.68	+0.74	−2.54
37	−0.26	−0.29	+0.16	437	+0.21	+0.16	−3.11
38	−0.46	−0.62	+0.04	438	−0.35	−0.98	−4.00
39	−0.66	−0.47	+0.16	439	−0.47	−0.61	−3.92
40	0	0	+0.87	440	0	0	−3.42
41	−0.18	−0.43	+0.45	441	−0.79	−0.72	−4.16
42	+0.08	−0.29	+0.53	442	−0.42	−0.23	−3.72
43	+0.28	−0.58	+0.37	443	+0.14	−0.31	−3.46
44	+1.13	+0.81	+1.38	444	+0.81	+0.96	−2.47
45	0	0	+0.29	445	0	0	−3.34
46	+0.17	−0.11	+0.23	446	+0.45	+0.32	−3.08
47	−0.17	−0.50	−0.23	447	−0.73	−0.86	−4.39
48	+0.70	−0.14	+0.29	448	−0.37	+0.29	−3.77
49	+0.35	+0.68	+0.43	449	+0.25	+0.73	−3.36
50	0	0	−0.18	450	0	0	−3.98
51	−0.28	+0.13	−0.13	451	−0.60	−0.15	−4.17
52	+0.58	+0.77	+0.74	452	+0.60	+0.71	−2.94
53	−0.24	−0.22	−0.04	453	−0.60	+0.02	−3.70
54	−0.31	+0.36	+0.34	454	−0.70	−0.38	−3.76
55	0	0	+0.44	455	0	0	−3.02
56	−0.45	+0.10	+0.07	456	−0.25	+0.10	−3.31
57	+0.04	−0.01	+0.06	457	−0.20	−0.59	−3.83
58	+0.87	+0.77	+0.66	458	+0.38	+0.74	−3.09
59	+0.16	−0.31	−0.43	459	+0.01	+0.22	−3.74
60	0	0	−0.56	460	0	0	−4.06

Strich	I	II	C	Strich	I	II	C
60	0″	0″	−0″.56	460	0″	0″	−4″.06
61	+0.15	+0.10	−0.24	461	+0.85	+0.33	−3.37
62	+0.36	+0.20	+0.10	462	+0.68	−0.03	−3.52
63	+0.64	+0.55	+0.61	463	+0.57	+0.39	−3.26
64	+0.40	+0.08	+0.45	464	+1.05	+0.57	−2.82
65	0	0	+0.40	465	0	0	−3.52
66	+0.62	+0.50	+1.03	466	+1.09	+0.61	−2.65
67	−0.49	−0.39	+0.11	467	+0.04	−0.04	−3.48
68	−0.25	−0.20	+0.41	468	−0.29	−0.27	−3.74
69	−0.54	−0.71	+0.08	469	−0.01	+0.33	−3.28
70	0	0	+0.79	470	0	0	−3.42
71	+0.71	−0.08	+1.14	471	+0.31	+0.34	−3.08
72	+0.31	−0.23	+0.91	472	−0.07	+0.06	−3.39
73	+0.50	+0.03	+1.18	473	−0.21	+0.07	−3.44
74	+0.15	−0.33	+0.86	474	−0.01	+0.45	−3.13
75	0	0	+0.99	475	0	0	−3.33
76	−0.63	+0.01	+0.58	476	−0.44	−0.44	−3.78
77	+0.38	+0.98	+1.47	477	−0.13	−0.50	−3.66
78	−0.33	+0.15	+0.60	478	+0.19	0.00	−3.26
79	+1.25	+1.41	+1.92	479	+1.12	+0.83	−2.38
80	0	0	+0.49	480	0	0	−3.37
81	+0.90	+0.73	+1.24	481	−0.13	−0.03	−3.51
82	+1.17	+0.99	+1.45	482	+1.26	+0.72	−2.51
83	+1.13	+0.90	+1.33	483	+0.47	+0.01	−3.33
84	+0.01	+0.39	+0.45	484	+0.81	+0.42	−3.03
85	0	0	+0.20	485	0	0	−3.71
86	+0.39	+0.53	+0.85	486	+0.64	+0.38	−3.03
87	+0.50	−0.41	+0.63	487	+0.33	−0.22	−3.32
88	+0.54	+0.31	+1.21	488	+0.62	+0.35	−2.72
89	+0.21	+0.05	+1.11	489	+0.15	+0.05	−2.94
90	0	0	+1.17	490	0	0	−2.87
91	−0.62	−0.21	+0.63	491	+0.20	−0.26	−2.89
92	−0.94	−0.47	+0.22	492	−0.33	−0.39	−3.20
93	−1.04	−0.89	−0.17	493	−0.25	−0.14	−3.02
94	−0.15	−0.10	+0.54	494	−0.44	−0.57	−3.32
95	0	0	+0.54	495	0	0	−2.80
96	+0.34	+0.30	+1.02	496	+1.30	+0.59	−1.71
97	−0.48	−0.57	+0.33	497	−0.62	−0.91	−3.27
98	−0.01	+0.06	+1.03	498	−0.03	−0.40	−2.58
99	−0.35	−0.48	+0.75	499	−0.14	−0.57	−2.57
100	0	0	+1.32	500	0	0	−2.07
101	+1.10	+0.81	+2.12	501	+0.99	+1.24	−1.08
102	+0.15	+0.21	+1.19	502	−0.07	+0.12	−2.30
103	+0.56	+0.60	+1.43	503	+0.41	+0.29	−2.10
104	+0.95	+0.69	+1.51	504	+0.33	+0.20	−2.31
105	0	0	+0.53	505	0	0	−2.70
106	+0.22	+0.23	+0.76	506	+0.54	+0.01	−2.41
107	−0.13	+0.14	+0.55	507	+0.37	+0.17	−2.40
108	−1.15	−0.72	−0.39	508	−0.52	−0.13	−2.98
109	+0.08	+0.43	+0.81	509	−0.03	+0.32	−2.50
110	0	0	+0.56	510	0	0	−2.63

Strich	I	II	C	Strich	I	II	C
110	0″	0″	+ 0″.56	510	0″	0″	− 2″.63
111	+ 0.61	+ 0.44	+ 1.06	511	+ 0.24	+ 0.19	− 2.46
112	+ 0.67	+ 0.49	+ 1.09	512	+ 0.81	+ 0.45	− 2.09
113	− 0.14	− 0.38	+ 0.22	513	+ 0.18	− 0.17	− 2.76
114	+ 1.27	+ 0.84	+ 1.51	514	+ 0.94	+ 0.41	− 2.14
115	0	0	+ 0.43	515	0	0	− 2.86
116	+ 0.64	+ 1.23	+ 1.46	516	+ 0.41	+ 0.57	− 2.26
117	+ 0.33	+ 0.19	+ 0.88	517	+ 0.16	+ 0.42	− 2.35
118	− 0.14	− 0.34	+ 0.48	518	− 0.33	− 0.16	− 2.77
119	− 0.33	− 0.01	+ 0.64	519	− 0.06	− 0.12	− 2.50
120	0	0	+ 0.91	520	0	0	− 2.29
121	+ 0.21	+ 0.56	+ 1.04	521	+ 0.57	+ 0.26	− 1.91
122	+ 1.22	+ 1.74	+ 1.88	522	+ 0.71	+ 0.37	− 1.83
123	+ 1.34	+ 1.33	+ 1.48	523	+ 0.51	+ 0.98	− 1.66
124	+ 1.92	+ 1.23	+ 1.46	524	+ 0.47	+ 0.29	− 2.06
125	0	0	− 0.37	525	0	0	− 2.48
126	+ 0.71	+ 1.22	+ 0.79	526	+ 0.92	+ 1.18	− 1.33
127	+ 0.67	+ 0.68	+ 0.69	527	+ 0.69	+ 1.11	− 1.38
128	− 0.51	− 0.45	− 0.27	528	− 0.89	− 0.07	− 2.66
129	− 0.06	− 0.06	+ 0.34	529	− 0.67	− 0.02	− 2.42
130	0	0	+ 0.59	530	0	0	− 1.98
131	+ 0.35	+ 0.44	+ 0.92	531	+ 0.35	+ 0.40	− 1.61
132	+ 0.48	+ 0.49	+ 0.95	532	+ 0.77	+ 0.80	− 1.21
133	− 0.20	+ 0.18	+ 0.40	533	− 0.23	− 0.46	− 2.35
134	− 0.71	− 0.20	− 0.11	534	− 0.27	− 0.71	− 2.51
135	0	0	+ 0.29	535	0	0	− 2.03
136	− 0.41	+ 0.13	0.00	536	− 0.11	− 0.51	− 2.54
137	− 0.22	+ 0.08	− 0.09	537	− 0.52	− 0.80	− 3.09
138	− 0.59	− 0.51	− 0.72	538	− 1.16	− 0.82	− 3.63
139	+ 0.92	+ 0.47	+ 0.37	539	+ 0.58	− 0.06	− 2.58
140	0	0	− 0.47	540	0	0	− 3.04
141	− 0.27	+ 0.33	− 0.23	541	+ 0.28	− 0.20	− 2.73
142	+ 1.29	+ 0.40	+ 0.79	542	+ 0.25	− 0.04	− 2.40
143	+ 0.31	+ 0.26	+ 0.45	543	+ 0.23	− 0.17	− 2.20
144	+ 0.24	+ 0.28	+ 0.63	544	+ 0.52	+ 0.42	− 1.49
145	0	0	+ 0.58	545	0	0	− 1.69
146	+ 0.52	+ 0.40	+ 0.82	546	− 0.16	+ 0.14	− 1.89
147	− 0.02	+ 0.39	+ 0.33	547	− 0.31	− 0.27	− 2.35
148	+ 0.68	+ 0.02	+ 0.27	548	+ 0.07	+ 0.12	− 2.16
149	− 0.31	− 0.78	− 0.84	549	− 0.28	0.00	− 2.58
150	0	0	− 0.52	550	0	0	− 2.63
151	+ 0.84	+ 0.82	+ 0.30	551	+ 0.10	+ 0.21	− 2.51
152	− 0.26	+ 0.27	− 0.53	552	+ 0.07	+ 0.03	− 2.65
153	+ 0.90	+ 1.26	+ 0.54	553	+ 0.07	+ 0.24	− 2.58
154	+ 0.52	+ 0.32	− 0.12	554	+ 0.08	+ 0.32	− 2.57
155	0	0	− 0.55	555	0	0	− 2.81
156	+ 1.12	+ 0.73	+ 0.42	556	+ 0.94	+ 0.53	− 2.03
157	+ 0.64	+ 0.94	+ 0.34	557	+ 0.30	+ 0.40	− 2.37
158	+ 0.43	+ 0.59	+ 0.11	558	+ 0.95	+ 0.59	− 1.91
159	+ 0.27	+ 0.38	− 0.02	559	+ 0.96	+ 0.45	− 1.94
160	0	0	− 0.30	560	0	0	− 2.60

Strich	I	II	C	Strich	I	II	C
160	0″	0″	− 0″.30	560	0″	0″	− 2″.60
161	− 0.66	− 0.24	− 0.79	561	+ 0.11	− 0.33	− 2.68
162	+ 0.46	+ 0.77	+ 0.22	562	− 0.06	− 0.31	− 2.73
163	− 0.49	+ 0.08	− 0.64	563	− 0.48	− 0.75	− 3.13
164	+ 0.40	+ 0.39	− 0.09	564	+ 0.88	+ 0.68	− 1.71
165	0	0	− 0.53	565	0	0	− 2.46
166	− 0.42	+ 0.11	− 0.73	566	+ 1.02	+ 0.58	− 1.69
167	− 0.48	− 0.51	− 1.11	567	− 0.02	− 0.36	− 2.71
168	+ 0.54	+ 0.52	− 0.13	568	− 0.21	+ 0.43	− 2.44
169	+ 0.25	− 0.16	− 0.66	569	+ 0.65	+ 0.31	− 2.10
170	0	0	− 0.74	570	0	0	− 2.61
171	+ 0.54	+ 0.47	− 0.03	571	+ 0.55	+ 0.86	− 1.79
172	− 0.14	+ 0.25	− 0.28	572	− 0.28	− 0.27	− 2.65
173	− 0.51	− 0.35	− 0.56	573	− 0.63	− 0.54	− 2.85
174	+ 0.02	+ 0.30	+ 0.24	574	− 0.02	− 0.12	− 2.22
175	0	0	+ 0.28	575	0	0	− 2.03
176	− 0.10	− 0.03	+ 0.27	576	− 0.42	+ 0.15	− 2.02
177	− 0.81	− 0.46	− 0.25	577	− 0.97	− 0.22	− 2.34
178	+ 0.13	+ 0.36	+ 0.67	578	+ 0.34	+ 0.71	− 1.07
179	− 1.18	− 0.85	− 0.54	579	− 0.61	− 0.66	− 2.09
180	0	0	+ 0.52	580	0	0	− 1.31
181	− 0.31	− 1.00	− 0.16	581	− 1.13	− 0.88	− 2.33
182	− 1.09	− 1.20	− 0.69	582	− 1.10	− 0.92	− 2.34
183	+ 0.02	+ 0.08	+ 0.47	583	− 0.55	− 0.11	− 1.67
184	− 0.31	− 0.25	+ 0.11	584	− 0.56	− 0.29	− 1.78
185	0	0	+ 0.36	585	0	0	− 1.37
186	− 0.46	− 0.52	− 0.33	586	− 0.25	− 0.70	− 1.99
187	− 0.77	− 0.54	− 0.69	587	− 0.16	− 0.77	− 2.14
188	+ 0.69	+ 0.69	+ 0.46	588	+ 1.00	+ 0.32	− 1.10
189	− 0.24	+ 0.23	− 0.43	589	+ 0.20	+ 0.15	− 1.80
190	0	0	− 0.63	590	0	0	− 2.13
191	+ 0.69	+ 0.62	+ 0.27	591	+ 0.38	+ 0.86	− 1.21
192	− 0.48	− 0.46	− 0.61	592	− 0.04	− 0.60	− 1.86
193	+ 0.58	+ 1.03	+ 0.91	593	+ 1.01	+ 0.69	− 0.39
194	+ 0.05	− 0.04	+ 0.35	594	+ 0.20	− 0.11	− 0.91
195	0	0	+ 0.59	595	0	0	− 0.66
196	+ 0.09	− 0.09	+ 0.55	596	− 0.01	− 0.10	− 0.77
197	− 1.23	− 1.00	− 0.60	597	− 1.02	− 0.71	− 1.64
198	+ 1.00	+ 0.75	+ 1.35	598	+ 0.77	+ 0.72	− 0.09
199	+ 0.78	+ 1.25	+ 1.45	599	+ 0.56	+ 0.09	− 0.57
200	0	0	+ 0.39	600	0	0	− 0.95
201	+ 0.82	+ 0.53	+ 0.96	601	+ 0.31	+ 0.18	− 0.81
202	+ 0.83	+ 0.16	+ 0.68	602	− 0.19	− 0.28	− 1.40
203	+ 0.91	+ 0.13	+ 0.60	603	− 0.14	− 0.03	− 1.35
204	+ 0.32	+ 0.14	+ 0.21	604	− 0.12	+ 0.13	− 1.37
205	0	0	− 0.12	605	0	0	− 1.48
206	+ 0.69	+ 0.54	+ 0.66	606	+ 0.55	− 0.07	− 0.94
207	+ 0.59	+ 0.66	+ 1.04	607	+ 0.72	+ 0.53	− 0.26
208	− 0.23	− 0.28	+ 0.44	608	− 0.04	− 0.22	− 0.72
209	− 0.38	− 0.70	+ 0.42	609	− 0.24	− 0.26	− 0.55
210	0	0	+ 1.23	610	0	0	0.00

Strich	I	II	C	Strich	I	II	C
210	0^{μ}	0^{μ}	$+1^{\mu}.23$	610	0^{μ}	0^{μ}	$0^{\mu}.00$
211	−0.15	−0.45	+0.85	611	−0.39	−0.30	−0.40
212	+0.43	+0.77	+1.66	612	+0.21	+0.31	+0.16
213	+0.18	+0.13	+1.13	613	−0.40	−0.62	−0.67
214	−0.99	−0.26	+0.27	614	−0.96	−0.90	−1.14
215	0	0	+0.81	615	0	0	−0.26
216	+0.03	−0.17	+0.63	616	+0.09	−0.08	−0.37
217	+0.44	+0.33	+0.97	617	+0.31	−0.01	−0.34
218	−0.03	+0.31	+0.62	618	+0.06	+0.25	−0.44
219	+0.04	+0.48	+0.63	619	+1.03	+0.51	+0.06
220	0	0	+0.26	620	0	0	−0.83
221	−0.05	−0.01	+0.26	621	+0.13	+0.56	−0.38
222	+0.98	+0.99	+1.31	622	+0.50	+0.56	−0.10
223	+0.29	+0.02	+0.51	623	−0.22	+0.22	−0.53
224	+0.42	+0.26	+0.73	624	−0.52	+0.07	−0.66
225	0	0	+0.43	625	0	0	−0.34
226	−0.34	−0.18	+0.31	626	−0.42	−1.05	−0.97
227	−0.18	−0.20	+0.51	627	−0.14	−0.39	−0.40
228	−0.23	−0.96	+0.25	628	+0.05	−0.12	−0.06
229	−0.24	−1.17	+0.28	629	−0.93	−0.48	−0.63
230	0	0	+1.12	630	0	0	+0.18
231	+0.04	+0.09	+1.10	631	−0.44	−0.19	−0.11
232	+1.10	+1.19	+2.10	632	+1.46	+0.92	+1.42
233	+0.92	+0.72	+1.69	633	+0.67	+0.30	+0.74
234	−0.56	−0.72	+0.15	634	−0.98	−1.29	−0.86
235	0	0	+0.70	635	0	0	+0.30
236	−0.50	−0.25	+0.05	636	−0.31	−0.21	−0.18
237	+0.06	−0.09	+0.14	637	+0.26	+0.65	+0.32
238	−0.02	−0.69	−0.47	638	−0.27	−0.16	−0.57
239	+1.14	+1.27	+0.81	639	+1.30	+1.27	+0.71
240	0	0	−0.67	640	0	0	−0.79
241	+0.43	+0.59	+0.29	641	−0.10	−0.30	−0.69
242	+1.32	+0.88	+1.32	642	+1.38	+1.08	+1.04
243	+0.07	+0.22	+1.81	643	−0.43	−0.91	−0.55
244	+0.81	+0.93	+1.99	644	+0.61	+0.32	+0.88
245	0	0	+1.56	645	0	0	+0.72
246	+0.03	−0.46	+1.04	646	−0.20	−0.46	+0.25
247	−0.26	−0.43	+0.60	647	−0.58	−0.64	−0.16
248	+0.53	+0.77	+1.29	648	+0.43	−0.36	+0.35
249	+1.01	+0.84	+1.25	649	+0.14	−0.09	+0.20
250	0	0	+0.02	650	0	0	+0.04
251	+0.69	+0.49	+0.75	651	+0.32	+0.88	+0.81
252	+0.83	+0.58	+1.01	652	+0.24	+0.50	+0.74
253	+1.28	+1.28	+1.72	653	+1.30	+0.91	+1.64
254	+0.77	+0.42	+1.17	654	+0.16	+0.41	+0.98
255	0	0	+0.72	655	0	0	+0.86
256	−0.64	−0.13	+0.39	656	+0.45	+0.14	+1.22
257	+0.29	−0.34	+0.81	657	+0.06	−0.01	+1.01
258	−1.15	−0.90	−0.13	658	−1.16	−0.77	+0.08
259	−1.28	−0.92	−0.14	659	−0.80	−0.96	+0.22
260	0	0	+1.02	660	0	0	+1.16

Strich	I	II	C	Strich	I	II	C
260	0″	0″	+ 1″.02	660	0″	0″	+ 1″.16
261	+ 0.65	+ 0.68	+ 1.60	661	+ 0.75	+ 0.55	+ 1.89
262	+ 1.23	+ 0.66	+ 1.79	662	+ 1.08	+ 1.22	+ 2.46
263	+ 0.39	+ 0.30	+ 1.11	663	+ 0.91	+ 0.69	+ 2.19
264	+ 0.48	− 0.15	+ 0.84	664	+ 0.23	+ 0.20	+ 1.68
265	0	0	+ 0.59	665	0	0	+ 1.54
266	+ 0.59	+ 0.25	+ 1.04	666	+ 0.35	− 0.16	+ 1.61
267	+ 0.02	+ 0.28	+ 0.80	667	− 0.28	− 0.01	+ 1.35
268	+ 0.17	+ 0.64	+ 0.78	668	− 0.92	− 0.81	+ 0.61
269	+ 1.17	+ 1.20	+ 1.89	669	+ 0.73	+ 1.03	+ 2.34
270	0	0	+ 0.74	670	0	0	+ 1.44
271	+ 0.63	+ 0.24	+ 1.27	671	+ 0.69	+ 0.44	+ 2.13
272	+ 1.29	+ 1.56	+ 2.36	672	+ 1.16	+ 1.46	+ 3.00
273	+ 0.41	+ 0.59	+ 1.54	673	+ 1.09	+ 1.12	+ 2.92
274	− 0.31	− 0.56	+ 0.70	674	− 0.11	− 0.23	+ 1.77
275	0	0	+ 1.24	675	0	0	+ 2.07
276	− 0.14	+ 0.05	+ 1.15	676	− 0.45	− 1.07	+ 1.30
277	− 0.59	− 0.05	+ 0.83	677	− 0.99	− 1.11	+ 1.00
278	+ 1.03	+ 0.83	+ 2.04	678	+ 0.19	− 0.20	+ 2.04
279	− 0.12	+ 0.24	+ 1.12	679	+ 0.22	− 0.14	+ 2.08
280	0	0	+ 1.02	680	0	0	+ 2.04
281	+ 0.05	+ 0.56	+ 1.24	681	+ 0.45	+ 0.41	+ 2.43
282	+ 0.17	+ 0.09	+ 0.98	682	+ 0.76	+ 0.15	+ 2.42
283	− 0.08	− 0.54	+ 0.45	683	− 0.20	− 0.38	+ 1.64
284	− 0.03	− 0.40	+ 0.46	684	− 0.18	− 0.54	+ 1.53
285	0	0	+ 0.59	685	0	0	+ 1.86
286	+ 0.46	+ 0.58	+ 1.15	686	+ 0.22	+ 0.82	+ 2.40
287	+ 0.62	+ 0.32	+ 1.14	687	+ 0.53	+ 1.05	+ 2.68
288	+ 0.36	+ 0.14	+ 0.96	688	+ 0.22	+ 0.30	+ 2.17
289	+ 0.55	+ 0.64	+ 1.34	689	+ 0.76	+ 0.45	+ 2.53
290	0	0	+ 0.79	690	0	0	+ 1.94
291	+ 0.77	+ 0.81	+ 1.72	691	+ 1.31	+ 1.04	+ 3.43
292	+ 0.30	+ 0.81	+ 1.62	692	+ 0.18	− 0.01	+ 2.05
293	− 0.55	− 0.39	+ 0.74	693	− 0.12	− 0.18	+ 2.73
294	− 0.50	− 0.19	+ 1.01	694	− 0.92	− 0.57	+ 2.44
295	0	0	+ 1.49	695	0	0	+ 3.50
296	+ 0.58	+ 0.02	+ 1.77	696	+ 0.02	+ 0.85	+ 3.91
297	+ 0.07	− 0.43	+ 1.27	697	− 0.30	− 0.10	+ 3.26
298	+ 1.52	+ 1.11	+ 2.74	698	+ 0.53	+ 1.24	+ 4.32
299	− 0.29	− 0.27	+ 1.12	699	− 0.36	+ 0.10	+ 3.29
300	0	0	+ 1.38	700	0	0	+ 3.40
301	+ 0.01	+ 0.35	+ 1.49	701	+ 0.30	+ 0.68	+ 3.93
302	− 0.39	+ 0.25	+ 1.16	702	+ 0.19	+ 0.88	+ 4.02
303	− 0.42	− 0.10	+ 0.90	703	+ 0.12	+ 0.24	+ 3.71
304	− 0.52	− 0.18	+ 0.74	704	+ 0.08	+ 0.23	+ 3.73
305	0	0	+ 1.01	705	0	0	+ 3.62
306	+ 0.02	− 0.11	+ 1.02	706	− 0.14	− 0.51	+ 3.39
307	+ 1.03	+ 0.71	+ 1.99	707	+ 1.12	+ 0.89	+ 4.80
308	+ 0.38	+ 0.16	+ 1.45	708	− 0.05	− 0.16	+ 3.78
309	− 0.89	− 0.45	+ 0.56	709	− 1.11	− 1.08	+ 2.88
310	0	0	+ 1.28	710	0	0	+ 4.00

Strich	I	II	C	Strich	I	II	C
310	0″	0″	+1.″28	710	0″	0″	+4.″06
311	+0.49	+0.63	+1.81	711	−0.03	−0.05	+4.00
312	+1.23	+1.68	+2.67	712	+0.35	+0.66	+4.53
313	+0.51	+0.61	+1.75	713	−0.21	+0.12	+3.96
314	+0.63	+0.81	+1.88	714	+0.11	+0.31	+4.19
315	0	0	+1.12	715	0	0	+3.97
316	−0.40	−0.27	+0.76	716	−0.89	−0.39	+3.29
317	+0.24	−0.12	+1.13	717	−0.29	0.00	+3.75
318	+0.27	−0.12	+1.12	718	+0.12	+0.32	+4.07
319	−0.60	−0.85	+0.29	719	−0.60	−0.23	+3.40
320	0	0	+0.99	720	0	0	+3.78
321	−0.77	−0.56	+0.13	721	−0.54	−0.77	+3.10
322	+1.18	+1.02	+1.71	722	+0.56	+0.49	+4.25
323	+1.35	+0.96	+1.57	723	+0.66	+0.95	+4.50
324	+1.12	+1.21	+1.38	724	−0.07	+0.39	+3.83
325	0	0	+0.03	725	0	0	+3.64
326	+0.36	−0.20	+0.09	726	+0.04	+0.29	+3.76
327	+0.20	−0.28	−0.04	727	−1.08	−0.36	+2.82
328	+0.17	+0.38	+0.26	728	−0.07	−0.01	+3.44
329	+1.18	+0.93	+1.02	729	+0.86	+1.00	+4.36
330	0	0	−0.05	730	0	0	+3.38
331	+0.52	+0.63	+0.53	731	+0.44	+0.07	+3.72
332	+0.19	+0.19	+0.16	732	+0.52	−0.02	+3.80
333	+1.01	+0.77	+0.86	733	+0.58	+0.63	+4.24
334	+0.96	+0.87	+0.90	734	+0.69	+0.65	+4.39
335	0	0	−0.01	735	0	0	+3.81
336	+0.81	+0.82	+0.78	736	+0.56	+0.80	+4.39
337	+0.39	+0.45	+0.37	737	+1.44	+0.54	+4.61
338	−0.17	−0.11	−0.21	738	+0.44	+0.53	+4.01
339	+0.87	+0.97	+0.83	739	+0.55	+0.49	+3.95
340	0	0	−0.11	740	0	0	+3.34
341	−0.10	+0.15	+0.12	741	+0.26	+0.56	+3.93
342	+0.37	+0.24	+0.62	742	+1.40	+0.93	+4.87
343	+0.43	+0.55	+1.01	743	+1.10	+0.61	+4.74
344	−0.80	−0.53	+0.07	744	−0.50	−0.03	+3.80
345	0	0	+0.95	745	0	0	+4.25
346	+0.07	+0.33	+0.96	746	−0.35	−0.16	+3.94
347	+0.09	−0.26	+0.48	747	−0.35	−0.59	+3.66
348	−0.01	−0.34	+0.20	748	−0.12	−0.22	+3.90
349	+1.22	+1.13	+1.36	749	+0.89	+1.32	+5.12
350	0	0	0.00	750	0	0	+3.96

Es war von vornherein die Festsetzung getroffen worden, dass die Correctionen für die Abscissen der Endstriche der Scalen 10 350 410 750 gleich Null anzunehmen sind. Insofern man die Theilungen beider Scalen als unabhängig von einander betrachtet, sind daher die im Vorstehenden aus der Viertheilung hergeleiteten Abscissencorrectionen der Striche 95 180 275 495 580 675 unmittelbar die

definitiven Correctionen. Bei der Herleitung der aus der Siebenzehntheilung sich ergebenden Correctionen ist ebenfalls angenommen worden, dass die Abscissencorrectionen der die zu theilenden Intervalle begrenzenden Striche gleich Null sind. Ihre thatsächlichen Werthe sind jedoch die aus der Viertheilung folgenden. Der nächste Schritt der Rechnung besteht daher darin, diese Werthe zu berücksichtigen.

Hat man für eine Strecke von n Intervallen die Abscissencorrectionen der Striche ermittelt unter der Annahme, dass die Endstriche der Strecke, Strich p und Strich $p + n$, die Abscissencorrection Null haben, und es ist in die so erhaltenen Resultate die Bedingung einzuführen, dass die Abscissencorrectionen der Endstriche von Null verschieden sind und dass sie die Beträge

$$c_p \text{ und } c_{p+n}$$

haben, so ist nach Hansen (Von der Bestimmung der Theilungsfehler eines gradlinigen Maassstabes, Artikel 17 und 18) der bereits gefundenen Correction für den Strich $p + r$ noch der Betrag zuzufügen

$$c_p + \frac{c_{p+n} - c_p}{n} r .$$

Diese Operation ist bei den aus der Siebenzehntheilung hergeleiteten Correctionen ausgeführt worden. Es ergaben sich hierdurch die wirklichen Abscissencorrectionen der Fünfer- und Zehnerstriche, immer natürlich unter der Voraussetzung der Unabhängigkeit beider Theilungen von einander. Da die aus der Fünftheilung hergeleiteten Correctionen unter der Annahme gefundenen sind, dass die Abscissencorrectionen der Fünfer- und Zehnerstriche Null sind, waren dieselben in analoger Weise ebenfalls zu verbessern.

Nach Berücksichtigung dieser Verbesserungen erhält man Correctionen, durch welche, wenn man sie an die Abscissen der einzelnen Striche anbringt, die Intervalle zwischen je zwei aufeinander folgenden Strichen der Scala A unter sich und ebenso die der Scala B unter sich einander gleich gemacht werden. Hingegen ist noch keine Beziehung zwischen den beiden Scalen selbst hergestellt. Zur Herstellung dieser letzteren ist benutzt worden die directe Vergleichung der Gesammtlängen beider Scalen und der aus der Viertheilung folgende Werth für δ, dessen vierfacher Betrag gleich dem Unterschiede

der Längen beider Scalen ist. Es hat ergeben für die Grösse »Intervall zwischen 10 und 350« — »Intervall zwischen 410 und 750«

die directe Vergleichung beider Scalen	+ 7″79 ± 0″096
die Viertheilung	+ 8.04 ± 0.077.

Nimmt man für den m. F. der Gewichtseinheit den m. F. einer Scalenablesung an, d. h. der Messung des Abstandes eines Striches auf Scala *A* vom benachbarten Striche auf Scala *B*, so hat der Werth

aus der directen Vergleichung das Gewicht	100
aus der Viertheilung » »	64.

Bei der Vereinigung der beiden Werthe zum Mittel habe ich indessen beiden Werthen gleiches Gewicht gegeben. Bei der directen Vergleichung kommen nur die vier Endstriche der beiden Scalen in Betracht, bei der Viertheilung noch sechs weitere gleichmässig über beide Scalen vertheilte Striche; schwankenden Auffassungsunterschieden ist bei letzterem Bestimmungsmodus daher in grösserer Ausdehnung Rechnung getragen als bei ersterem. Ferner ist von vornherein anzunehmen, dass grössere Scalenintervalle unsicherer zu bestimmen sein werden als kleinere. Diese Gründe lassen es als gerechtfertigt erscheinen, beide Werthe direct zum Mittel zu vereinigen. Ueberdies würde es practisch ganz ohne Belang sein, wenn man die oben angegebenen Gewichte streng berücksichtigen würde; statt 7″915 würde man dann 7″887 für den Unterschied der Länge beider Scalen erhalten. Einen Beitrag zur Bestimmung dieses Unterschiedes liefern auch die Siebenzehntheilungen. Aus ihnen folgt 9″049; dieser Werth kommt hier indessen nicht weiter in Betracht, da er nur das Gewicht 10 hat.

Um den Betrag von 7″915 ist das Intervall zwischen den Strichen 10 und 350 länger als das Intervall zwischen den Strichen 410 und 750; es ist daher jeder Scalentheil auf Scala *B* noch um den Betrag von 0″02328 zu vergrössern, wenn beide Scalen mit einander vergleichbar gemacht werden sollen. Um grosse Zahlen in den definitiven Correctionen zu vermeiden, habe ich die diesbezüglich noch erforderlichen Zusatzcorrectionen zu den Abscissencorrectionen der Striche von Scala *B* nicht von dem Striche 410 ab gerechnet, sondern von dem Striche 580 ab. Die Abscisse des Striches 580 erhält dann keine weitere Correction, die Abscisse des um *p* Scalen-

theile von 580 abstehenden Striches aber die Correction $+0\overset{''}{.}02328\,p$, wo p nach 750 hin positiv, nach 410 hin negativ gerechnet wird. Die endgiltigen Abscissencorrectionen für beide Scalen sind in der Columne C auf pag. 297 seq. gegeben.

Von einer strengen Berechnung des m. F. für die einzelnen Striche sehe ich ab und begnüge mich mit einer hier völlig ausreichenden Abschätzung des durchschnittlichen m. F. für die Striche der verschiedenen Ordnungen. Hergeleitet habe ich denselben aus den Widersprüchen zwischen den einzelnen, von einander völlig unabhängigen Bestimmungen der Abscissencorrection des nämlichen Striches. Für die Striche 95, 180, 265 und 495, 580, 665, für welche 16 von einander unabhängige Bestimmungen vorhanden sind, sind die m. F. bereits früher mit aufgeführt worden. Der durchschnittliche m. F. der Abscissencorrection eines solchen Striches 1. Ordnung findet sich zu $\pm\,0\overset{''}{.}062$. Jede Abscissencorrection eines Striches 2. Ordnung beruht auf je 4 von einander unabhängig durchgeführten Siebenzehntheilungen, jede eines Striches 3. Ordnung auf je zwei solchen Fünftheilungen. Aus den vier Siebenzehntheilungen folgt für den Strich 2. Ordnung ein durchschnittlicher m. F. von $\pm\,0\overset{''}{.}114$, aus den zwei Fünftheilungen für den Strich 3. Ordnung ein solcher von $\pm\,0\overset{''}{.}176$. Um den vollen Betrag für den Strich 2. Ordnung zu erhalten, ist aber noch der von den beiden ihn einschliessenden Strichen 1. Ordnung, auf denen seine definitive Abscissencorrection basirt, herrührende Antheil zu berücksichtigen. Analoges gilt dann weiter für den Strich 3. Ordnung in Bezug auf die beiden ihn einschliessenden Striche 2. Ordnung. Die Abhängigkeit der definitiven Abscissencorrection eines Striches 2. Ordnung, für welchen die Siebenzehntheilung die relative Correction c ergeben hat, von den Correctionen der beiden ihn einschliessenden Strichen 1. Ordnung wird ausgedrückt durch

$$c_a + \frac{c_b - c_a}{17}\,p + c = c_a + \frac{c_b}{17}\,p - \frac{c_a}{17}\,p + c\,,$$

wo c_a die Abscissencorrection des in der Theilung vorausgehenden, c_b die des nachfolgenden Striches 1. Ordnung ist und p angiebt, um wieviel Fünferintervalle der Strich 2. Ordnung vom vorausgehenden Striche 1. Ordnung entfernt ist. — Bezeichnet man den m. F. der Abscissencorrection eines Striches 1. Ordnung mit r_1, den m. F. von

c mit r_2, so hat man für den m. F. der definitiven Abscissencorrection eines Striches 2. Ordnung

$$r = \sqrt{r \quad + 2\left(\frac{p}{17}\right)^2 r_1^2 + r_2^2}\,.$$

p kann alle Werthe von 1 bis 16 annehmen. Da man die Einhängung des Striches 2. Ordnung in die einschliessenden Striche 1. Ordnung sowohl von dem in der Theilung vorausgehenden wie von dem nachfolgenden Striche 1. Ordnung aus vornehmen kann und beide Male zu dem nämlichen Werthe der definitiven Abscissencorrection für den Strich 2. Ordnung kommen muss, können hier nur die zwischen 1 und 9 liegenden Werthe von p in Betracht kommen. Das Maximum von r findet demnach für $p = 9$, das Minimum für $p = 1$ statt und man hat, wenn für r_1 und r_2 ihre Beträge eingesetzt werden, für den vollständigen m. F. der Abscissencorrection eines Striches 2. Ordnung

im Maximum	± 0."161
im Minimum	± 0.155

Für den vollständigen m. F. einer definitiven Abscissencorrection eines Striches 3. Ordnung findet sich auf gleiche Weise

im Maximum	± 0."275
im Minimum	± 0.240

Diese Werthe gelten — auch für die Striche 1. Ordnung — direct nur für Scala *A*; für Scala *B* erfahren sie wegen der durch die ungleiche Länge beider Scalen erforderlichen Reduction dieser Scala auf Scala *A* noch eine kleine Vergrösserung. Ihren Maximalbetrag erreicht diese Vergrösserung für die Striche 411 und 749. Da der Unterschied in der Gesammtlänge beider Scalen aber nur mit einem m. F. von etwa ± 0."08 behaftet ist, wird diese Vergrösserung auch für die beiden genannten Striche kaum merklich.

Die Scalen des Heliometers sind neben einander liegend gleichzeitig getheilt worden; es ist daher auch zu erwarten, dass die gefundenen Correctionen auf beiden Scalen einen parallelen Verlauf haben. Derselbe zeigt sich scharf ausgeprägt, wenn man die Resultate der Siebenzehntheilung (p. 294 und 295) betrachtet. Mit nur sehr geringen Ausnahmen entspricht jeder grossen Strichcorrection auf

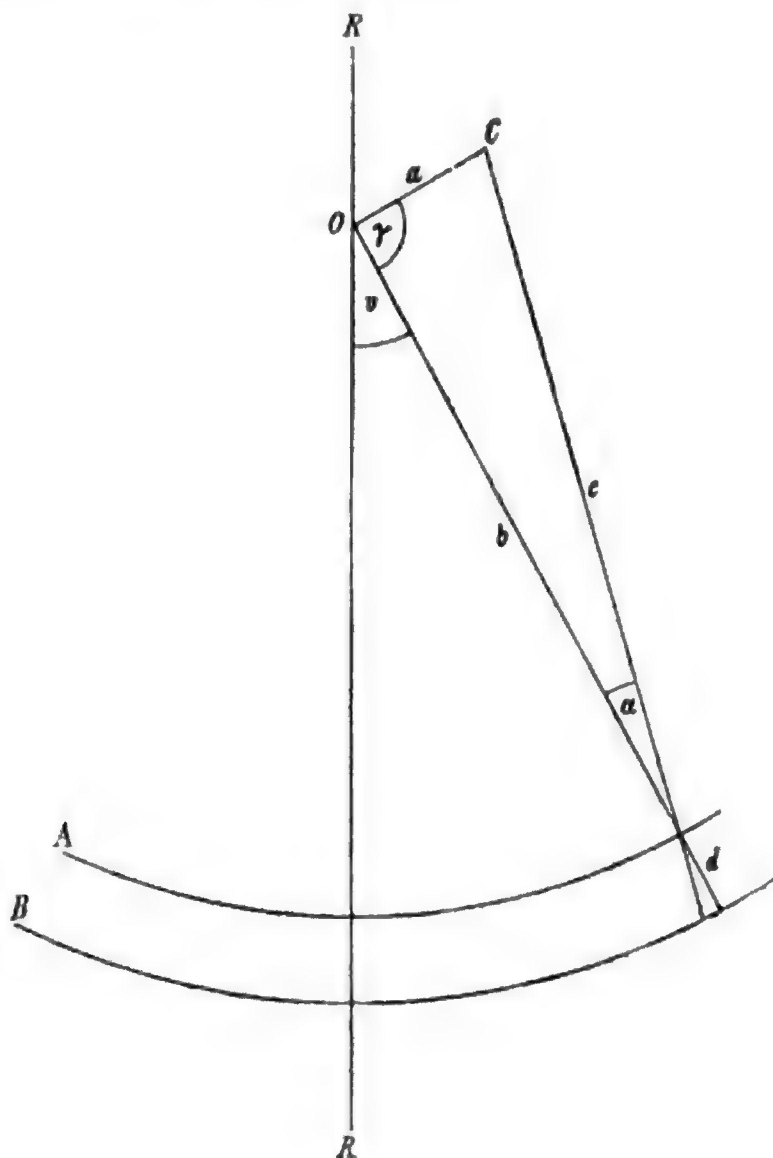
Scala *A* eine eben solche von gleichem Zeichen auf Scala *B*. Auch bei den Resultaten der Fünftheilung ist dieser Parallelismus bemerkbar, tritt aber nicht mehr so augenfällig hervor, da bei der Kleinheit der getheilten Intervalle die vorkommenden Unterschiede der Endstrichcorrectionen die Correctionen der zwischenliegenden Striche erheblich beeinflussen. Auffallenderweise zeigen hingegen die aus der Viertheilung sich ergebenden Correctionen auf beiden Scalen ein völlig entgegengesetztes Verhalten. Es ist dasselbe wahrscheinlich nicht auf den Zufall zurückzuführen, sondern vielmehr in der Art der Befestigung der Scalen auf den Schiebern begründet. Diese Befestigung wird für jede Scala durch fünf Schrauben bewirkt und die Befestigungsstellen derselben befinden sich bei den Strichen 0 90 185 280 375 bez. 400 490 585 680 775. Da die Scalen ursprünglich eben sind und eben getheilt und erst durch das Aufschrauben auf die cylinderförmigen Schieber die Cylinderform annehmen, sind kleine Verspannungen und Streckungen derselben daher sehr wahrscheinlich. Hierdurch erfahren die Theilstriche in ihrer Lage und damit auch die ursprünglichen Abscissencorrectionen kleine Veränderungen. Zwischen zwei auf einander folgenden Befestigungsstellen müssen diese Veränderungen einen stetigen Verlauf zeigen, während an den Befestigungsstellen selbst sprungweise Aenderungen in dem ursprünglichen Zuge der Theilungscorrectionen auftreten werden. Die sprungweisen Aenderungen werden im Allgemeinen nicht nur einen vereinzelten, sondern mehrere neben einander liegende Striche zugleich betreffen, da die Köpfe der zur Befestigung verwendeten Schrauben Durchmesser von etwa 2 mm haben, während ein Theilstrich vom anderen nur um 0.2 mm entfernt ist. Die Befestigungsstellen liegen in unmittelbarer Nähe der vier Endstriche und der sechs Striche, deren Abscissencorrectionen durch die Viertheilung ermittelt worden sind. Es sind somit alle Bedingungen dafür gegeben, dass in den Resultaten der Viertheilung der Parallelismus der Correctionen auf beiden Scalen nicht mehr erkennbar ist, während er in den Resultaten der Siebenzehntheilung deutlich hervortritt. Dabei ist es übrigens sehr wohl denkbar, dass die Abscissencorrectionen aller Fünfer- und Zehnerstriche wesentlich andere geworden sind durch das Aufschrauben der Scalen, als wie sie unmittelbar nach der Theilung der Scalen waren. Die Art der Befestigung der Scalen und die dabei wahrscheinliche

Streckung derselben erklärt auch zur Genüge den gefundenen Längenunterschied derselben. Es ist hierzu nur noch die Annahme erforderlich, dass die Streckung beider Scalen nicht in genau gleicher Weise erfolgt ist, und diese Annahme hat eine weit grössere Wahrscheinlichkeit für sich als ihr Gegentheil. Die Frage, ob die vier Scalenviertel gleichmässig gestreckt worden sind, entzieht sich der Untersuchung, da der ungleichförmige Theil der Streckung sich auf die Abscissencorrection der Striche wirft und von dieser bei der Viertheilung nicht zu trennen ist. Der Umstand jedoch, dass die bei der Viertheilung gefundenen Abscissencorrectionen im Maximum noch nicht einmal den Betrag von 1″5 erreichen, lässt darauf schliessen, dass die einzelnen Scalenviertel von der Streckung ziemlich gleichmässig afficirt worden sind.

Es muss hier noch auf die Möglichkeit hingewiesen werden, dass der gefundene Unterschied in der Länge beider Scalen nicht reeller Natur ist, sondern auf eine Parallaxenwirkung zurückzuführen ist, die eintreten wird, wenn die Theilungen beider Scalen nicht der nämlichen, sondern zwei verschiedenen Cylinderflächen angehören, die einen messbaren Abstand von einander haben, und wenn gleichzeitig der Drehpunkt des Scalenmikroskopes um einen erheblichen Betrag von der Achse der Cylinderführung entfernt liegt. Es ist daher erforderlich, zum Schlusse noch auf den Einfluss einzugehen, den ein derartiger Orientirungsfehler des Scalenmikroskopes auf die Messungen hat. A priori können die beiden Scalen als zwei conaxialen Cylinderflächen angehörig betrachtet werden. In der umseitigen Figur sind dieselben mit A und B, ihr Abstand von einander mit d bezeichnet. RR ist die Symmetrieachse der Cylinderführung, O der in ihr befindliche Drehpunkt der Schieber. C ist der Drehpunkt des Scalenmikroskopes. Die Lage desselben gegen die Symmetrieachse ist durch den Abstand a und den Winkel $C = v + \gamma$ bestimmt. Befindet sich von O aus gesehen ein Strich auf A in Coincidenz mit einem Striche auf B, so erscheint er von C aus betrachtet gegen denselben um den Winkel α verschoben, was einer linearen Verschiebung von d tang α entspricht. Für α hat man den Ausdruck

$$\tang \alpha = \frac{a \sin \gamma}{b - a \cos \gamma}\,.$$

α hat demnach sein Maximum für $\gamma = 90^\circ$, sein Minimum für $\gamma = 270^\circ$. Die rascheste Aenderung, auf die es uns hier wesentlich ankommt, erleidet α bei $\gamma = 0^\circ$. v kann nur zwischen $+ 4^\circ$ und $- 4^\circ$ variiren, wenn die Striche der Scala nicht vom Flansche des Objectivkopfes verdeckt werden sollen.



Die Theilung einer jeden Scala hat eine Länge von 80 mm. Stellt man das Scalenmikroskop nach einander auf ihre Endstriche ein, so ändert sich v um etwa $2^\circ 17'$. Gehen wir von $\gamma = 0^\circ$ aus und lassen γ nach beiden Seiten hin von $10'$ zu $10'$ wachsen, so erhalten wir bei der Annahme

$$a = 5 \text{ cm} \qquad b = 200 \text{ cm} \qquad d = 0.5 \text{ mm}$$

für d tang α die folgenden Werthe in Mikron

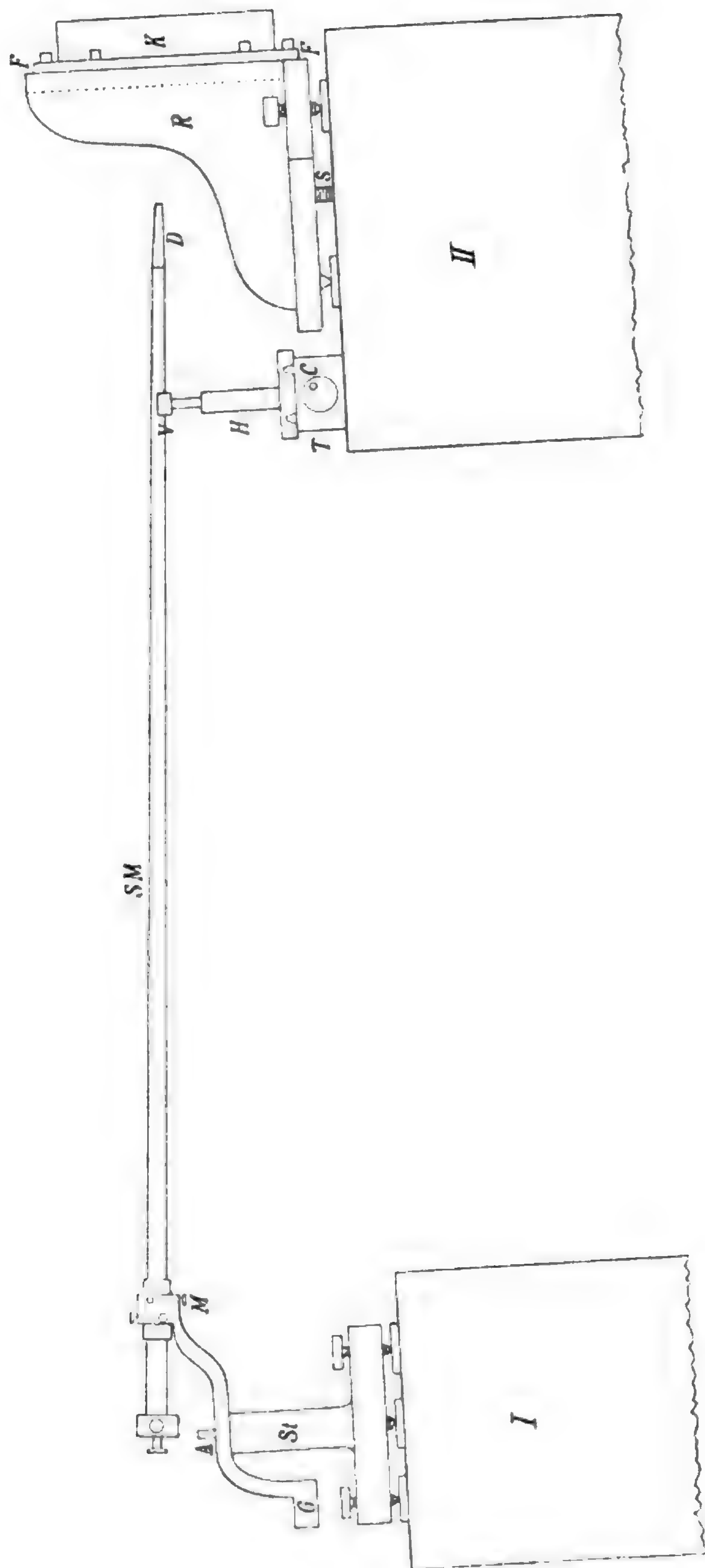
γ	d tang α
— 70′	— 0″26
— 60	— 0.22
— 50	— 0.19
— 40	— 0.15
— 30	— 0.12
— 20	— 0.07
— 10	— 0.04
0	0.00
+ 10	+ 0.04
+ 20	+ 0.07
+ 30	+ 0.12
+ 40	+ 0.15
+ 50	+ 0.19
+ 60	+ 0.22
+ 70	+ 0.26

Selbst für diese bedeutenden Beträge von a und d, die in der Wirklichkeit ganz undenkbar sind, würde man bei der directen Vergleichung der Gesammtlänge beider Scalen nur einen Fehler von etwa 0″5 zu erwarten haben in Folge der falschen Orientirung des Drehungspunktes des Scalenmikroskopes.

Wir haben a priori angenommen, dass die Scalen als zwei conaxiale Cylinderflächen betrachtet werden können. Diese Annahme ist wesentlich, und es erscheinen daher nachträglich noch einige Worte über diesen Punkt angezeigt. Die Führung für die Cylinderführung beider Schieber besteht aus einem Gussstücke, an welches die Cylinderfläche angehobelt ist. Die Art der Ausführung verbürgt, dass die hergestellte Fläche höchstens um einige Mikron von einer wirklichen Cylinderfläche abweichen kann. Die Schieber sind auf ihre Führung genau eingeschliffen and werden an diese durch sehr starke Federn angepresst, auf deren richtige Spannung jederzeit sorgfältig geachtet wurde, so dass ein Ueberhängen derselben völlig ausgeschlossen ist. Trägt man einzelnen Staubkörnchen und der Oelschicht zwischen den Schiebern und ihrer Führung in weitem Maasse Rechnung, so kann man wohl behaupten, dass beide Schieber innerhalb des Hundertel-Millimeter mit der nämlichen Cylinderfläche zusammenfallen. Ein Abstand beider Theilungsflächen ist dann nur denkbar, wenn die auf die cylindrischen Schieber aufgeschraubten Scalen nicht völlig gleiche Höhe haben sollten. In diesem Falle aber muss man

für die Theilungsflächen thatsächlich conaxiale Cylinderflächen erhalten. Bei der Sorgfalt, mit der alle Theile des Heliometers von den Herren Repsold gearbeitet worden sind, ist nicht anzunehmen, dass der Höhenunterschied der Scalen wenige Hundertel Millimeter übersteigen dürfte. Der constatirte Unterschied in der Länge beider Scalen ist daher jedenfalls im Wesentlichen auf eine nicht ganz gleichförmige Streckung derselben beim Anschrauben zurückzuführen.

Zum Schlusse will ich noch darauf hinweisen, dass es für die heliometrische Messung vollkommen gleichgiltig ist, ob beide Scalen genau gleich lang sind und ob man in den Abscissencorrectionen für die mit δ bezeichnete Grösse den einen oder anderen Werth annimmt oder auf sie überhaupt keine Rücksicht nimmt. Die Einführung von δ ändert die gemessenen Distanzen um Grössen, welche ihrer Länge vollkommen proportional sind. Da die zur Bestimmung des Scalenwerthes in Bogenmaass gemessenen Distanzen genau in der nämlichen Weise afficirt werden, hat sonach die Berücksichtigung von δ überhaupt nur formalen Werth.


K
F
F
R
S
D
II
C
H
T
V
SM
M
St
A
G
I

Inhalt.

DIE

SÄCHSISCHEN ERDBEBEN

WÄHREND DER JAHRE 1889 BIS 1897,

INSBESONDERE

DAS SÄCHSISCH-BÖHMISCHE ERDBEBEN

VOM 24. OCTOBER BIS 29. NOVEMBER 1897

VON

HERMANN CREDNER,
ORD. MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

Des XXIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

Nº IV.

MIT FÜNF TAFELN UND ZWEI IN DEN TEXT GEDRUCKTEN KÄRTCHEN.

LEIPZIG
BEI B. G. TEUBNER.
1898.

Das Manuscript eingeliefert am 17. Juni 1898.
Der Abdruck vollendet am 9. August 1898.

DIE
SÄCHSISCHEN ERDBEBEN
WÄHREND DER JAHRE 1889 BIS 1897,
INSBESONDERE
DAS SÄCHSISCH-BÖHMISCHE ERDBEBEN
VOM 24. OCTOBER BIS 29. NOVEMBER 1897

VON

HERMANN CREDNER,
ORD. MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

MIT FÜNF TAFELN UND ZWEI IN DEN TEXT GEDRUCKTEN KÄRTCHEN.

Der systematische Verfolg sächsischer Erdbeben begann mit dem Jahre 1875, in welchem das Beben vom 23. November ein 40 Quadratmeilen grosses Areal des Vogtlandes und angrenzenden Erzgebirges z. Th. ziemlich heftig erschütterte. Mit der Beschreibung der damals beobachteten seismischen Aeusserungen wurde zugleich der Versuch verknüpft, dieselben in causalen Zusammenhang mit orogenetischen Vorgängen zu bringen und sie auf tektonische Störungen oder deren secundäre Folgen zurückzuführen.

Seitdem hat sich die k. geologische Landesuntersuchung von Sachsen die Erforschung der heimischen Erdbebenerscheinungen zu einer ihrer Aufgaben gestellt und hat diese mit Erfolg zu fördern vermocht. Mit Hülfe der Tagespresse, welche, durch uns veranlasst, von Jahr zu Jahr die Aufmerksamkeit der Bevölkerung auf die Bedeutsamkeit des seismischen Nachrichtendienstes lenkte, — durch den Versand von Fragebogen, — durch die werkthätige Unterstützung von Seiten zahlreicher Correspondenten ist es möglich geworden, ein wohl ziemlich vollständiges Bild aller derjenigen seismischen Phänomene zu geben, welche sich im Königreiche Sachsen nebst seinen Grenzgebieten seit dem Jahre 1875 bis heute abgespielt haben.[1]) Es sind die folgenden:

1875. 23. November

1. Vogtländisch-erzgebirgisches Erdbeben.

1876. 17. Juli

2. Chemnitzer Erdbeben.

---

1) siehe H. Credner No. 1 der nachstehenden Aufzählung: Zeitschr. f. d. ges. Naturw. Halle, 1876. S. 246; — No. 2 u. 3 ebend. 1878. S. 275; — No. 3 bis 15. Zeitschr. f. Naturw. Halle, 1884. S. 1. Taf. I, — No. 16. Ber. d. K. sächs. Ges. d. Wiss. Mathem.-phys. Cl. 1889. S. 76.

1877. 5. October

3. Dippoldiswalder Erdbeben,

1878. 28. November

4. Thum'er Erderschütterung,

1880. 4. December

5. Peritzer Erdstoss,

12. December

6. Erdstoss von Weischlitz im Vogtlande,

15. December

7. Waldenburg-Meeraner Erdstösse,

1881. 22. Mai

8. Zwickauer Erdbeben,

16. October

9. Leipziger Erdstösse,

1883. 29. September

10. Vogtländisches Erdbeben,

20. October

11. Sächsisch-reussisches Erdbeben,

22. October

12. Erdstösse von Greiz-Gera,

25. October

13. Erderschütterung von Sayda i. Erzgeb.,

19. December

14. Erdstösse von Brockau im Vogtlande,

1884. 21. Januar

15. Erderschütterung von Glauchau,

1888. 26. December

16. Vogtländisches Erdbeben.

Im Anschluss hieran soll jetzt über 22 seismische Störungen berichtet werden, welche während des Zeitraumes von 1889 bis zum Schlusse des Jahres 1897 den heimischen Boden betroffen haben. Diese Reihe schliesst im Spätherbste des letztgenannten Jahres mit einer 37tägigen Erdbebenperiode ab, die sich aus einer Anzahl höchst energischer Stösse, aus Hunderten von schwächeren Erschütterungen und augenscheinlich sehr viel mehr mikroseismischen Erzitterungen zusammensetzte.

Auf jene Jahre vertheilen sich die Stösse wie folgt:

1889. 31. Januar

1 (17). Erdstoss von Ottendorf im Granulitgebirge,

24. November

2 (18). Erdbeben von Brambach im Vogtlande,

1891. 8. November

3 (19). Erdstoss in Hartmannsbach bei Gottleuba,

7. December

4 (20). Erdbeben von Hartmannsbach bei Gottleuba,

1892. 4. Februar

5 (21). Erdbeben im oberen Vogtlande,

27. März

6 (22). Erdstoss in Zöblitz im Erzgebirge,

9. Juli

7 (23). Erderschütterung von Grossrückerswalde-Schmiedeberg bei Marienberg i. Erzg.

21. October

8 (24). Vogtländisches Erdbeben,

1893. 12. November

9 (25). Erdstoss von Falkenstein im Vogtlande,

1894. 1. Mai

10 (26). Erderschütterung in Plauen im Vogtlande,

19. Mai

11 (27). Erdstoss in Brambach im Vogtlande,

1896. 27., 28. und 29. Februar

12 (28). Erdbeben im Vogtlande,
13 (29). Erdstoss von Ottendorf bei Hainichen,

6. März

14 (30). Erdstoss in Brambach im Vogtlande,

16. Mai

15 (31). Vogtländisches Erdbeben,

19. Juli

16 (32). Erdstoss in Brambach im Vogtlande,

14. September

17 (33). Erdstoss in Plauen im Vogtlande,

31. October, 1., 2. und 3. November

18 (34). Erzgebirgisch-nordböhmisches Erdbeben,

1897. 19. Mai

19 (35). Erdstoss in Plauen im Vogtlande.

15. Juli

20 (36). Erdbeben im Vogtlande,

7. September

21 (37). Erdbeben im Vogtlande,

24. October bis 29. November

22 (38). Sächsisch-böhmisches Erdbeben.

Die folgende Beschreibung und zwar zunächst der 21 bis zum 7. September 1897 stattgehabten Erderschütterungen basirt einerseits auf den Berichten, welche in Beantwortung der von mir direct versandten oder durch gütige Vermittlung der Tagespresse in noch viel weitere Kreise getragenen Fragebogen an mich eingingen, — anderseits auf den Resultaten der Bemühungen der Herren Professor Siegert in Dresden und Professor Dr. Beck in Freiberg, namentlich aber der Herren Seminaroberlehrer E. Weise in Plauen und Dr. A. Simon in Auerbach i. Vogtl. Diesen Herren, sowie den Redactionen, vor allen der „Leipziger Zeitung“ und des „Vogtländischen Anzeigers“, welche durch Veröffentlichung meiner Fragebogen unsere Erdbebenstudien wesentlich gefördert haben, gebührt auch an dieser Stelle dankbare Anerkennung. Ueber die Unterstützungen, welche den Verfolg der 37tägigen Periode des sächsisch-böhmischen Erdbebens gegen Ende des Jahres 1897 ermöglicht haben, wird in den einleitenden Bemerkungen zur Beschreibung dieses Bebens berichtet werden.

Als Maassstab zur Vergleichung der Stärke der einzelnen Beben, sowie ein und derselben Erschütterung an verschiedenen Punkten ihres Verbreitungsgebietes hat die folgende von Rossi vorgeschlagene Scala der seismischen Stärkegrade[1]) gedient:

Grad 1. Mikroseismische Erschütterung, die nur von feinsten seismographischen Instrumenten notirt wird.

2. Ausserordentlich schwache Erschütterung, durch Seismographen sicher, von Menschen nur ausnahmsweise unter besonders günstigen Umständen erkennbar.

3. Schwache Erschütterung, beobachtet von mehreren Personen im Zustande der Ruhe, stark genug, um nach Dauer und Richtung geschätzt zu werden.

1) Wesentlich nach der Fassung von R. Leonhard und W. Volz: das mittelschlesische Erdbeben vom 11. Juni 1895. Jahresber. d. Schles. Ges. f. vaterländ. Cultur. Breslau. Juli 1895. S. 55.

Grad 4. Etwas stärkere Erschütterung, beobachtet auch in Bewegung und Thätigkeit. Erschütterung leicht beweglicher Gegenstände, Bewegung offener Thüren, Klirren der Fenster, Knistern der Decken, Krachen der Dielen, Schwanken leichter, aufgehängter Gegenstände und von Flüssigkeiten.

5. Die Erschütterung wird allgemein bemerkt. Erwachen schlafender Personen, Erschütterung der Möbel und Betten.

6. Allgemeines Erwachen Schlafender. Anschlagen der Hausglocken. Schwanken der Betten, Oefen, Kronleuchter, Bilder und Spiegel. Stillstand von Pendeluhren. Einzelne Personen verlassen erschreckt die Häuser.

7. Allgemeiner Schrecken. Umstürzen beweglicher Gegenstände; Ablösen von Putz aus Decken und Wänden, Rissbildung in diesen. Anschlagen von Kirchenglocken.

8. Beschädigung des Mauerwerkes der Häuser. Herabstürzen von Schornsteinen. Risse in den Aussenmauern.

9. Theilweise oder gänzliche Zerstörung einzelner Häuser.

10. Grosses Unglück. Völlige Zertrümmerung der Gebäude, Spaltenbildungen in der Erdrinde, Bergstürze.

Die sächsischen Erdbeben während der Jahre 1889 bis 1897.

Am 31. Januar 1889.

1 (17). Erdstoss von Ottendorf südlich von Mittweida im Granulitgebirge.

In Ottendorf wird Nachmittags h. 3,30 ein energischer, mit unterirdischem Donnerrollen verbundener Erdstoss verspürt.

Am 24. November 1889.

2 (18). Erderschütterung von Brambach im oberen Vogtlande.

Brambach wird Nachts h. 1,20 durch einen und 5 Minuten später durch einen zweiten wellenförmigen Erdstoss erschüttert, deren Bewegung in die Himmelsrichtung N—S fällt und die beide von Donnerrollen begleitet sind. Durch das Klirren der Fenster und Gläser und das Klappern des Kochgeschirres werden viele Einwohner aus dem Schlafe geweckt und verlassen z. Th. das Bett. Seismischer Grad 4.

Am 8. November 1891.

3 (19). Erdstoss in Hartmannsbach südwestlich von Gottleuba.

Früh h. 3 wird in Hartmannsbach von wachenden Personen eine stossförmige von O nach W verlaufende, mit unterirdischem Poltern verknüpfte Erderschütterung beobachtet. Grad 3—4. (Herr Prof. Dr. Beck).

Am 7. December 1891.

4 (20). Erdbeben von Hartmannsbach und Börnersdorf südwestlich von Gottleuba.

In Hartmannsbach erfolgen Nachts h. 1,25 eine stark ruckförmige Wellenbewegung des Bodens, dann mehrere schwächere Stösse und donnerndes Dröhnen und darauf ein zweiter starker

wellenförmiger Stoss, der wie der erste von O nach W verläuft. Die Wände und Fenster erzittern, Tische und Stühle wackeln, Betten schaukeln. Grad 4—5. (Herr Prof. Dr. BECK).

In dem 3 km westsüdwestlich von Hartmannsbach gelegenen Börnersdorf wird von wachenden Personen zu ungefähr der nämlichen Zeit wie dort eine Erderschütterung bemerkt, welche die Betten in stark zitternde Bewegung versetzt. Gleichzeitig macht sich aus der Ferne von Osten her ein leises Donnern hörbar, welches rasch zu starkem, dumpfem Rollen anwächst und dann descrescendo im Westen verklingt. Grad 3. (Herr Prof. Dr. BECK; Herr SCHNEIDENBACH).

Hartmannsbach liegt auf dem Nordostflügel einer Kuppel von Biotitgneiss und zwar an jener grossen Dislocation, von welcher das Erzgebirge nach NO gegen die elbthalgebirgische Schieferzone und deren Granitstöcke scharf abgeschnitten wird. Börnersdorf ist die nächste westsüdwestlich von Hartmannsbach gelegene Ortschaft. Die Wahrscheinlichkeit, dass das in beiden Dörfern am 7. December 1891 verspürte Erdbeben von jener Dislocationsfläche ausgegangen ist, harmonirt 1) mit der bestimmten Angabe seines Fortschreitens von O nach W, — 2) mit der dann naturgemäss geringeren Intensität der Erdbebenerscheinungen in dem weiter westlich gelegenen Börnersdorf, — 3) mit der Thatsache, dass bereits einige Wochen vorher in Hartmannsbach eine schwache, deshalb nur hier, nahe ihrem voraussichtlichen Ausgangspunkte bemerkbare Erderschütterung (siehe sub 3) stattgefunden hat.

Am 4. Februar 1892.

5 (21). Erdbeben im oberen Vogtlande.

Nachts h. 10,15 wird Brambach durch ein ziemlich heftiges Erdbeben erschüttert, welches sich aus 2 wellenförmigen Stössen zusammensetzt, von denen der erste der intensivere ist. Beide sind durch einen Zeitzwischenraum von 40 Secunden getrennt, der durch kurze Fibrationen der Erde ausgefüllt wird. Die Erdbebenwellen scheinen in der Himmelsrichtung NO—SW zu verlaufen, sind von Donnerrollen begleitet und wirken so energisch, dass der Boden schwankt, Küchengeschirr klappert, Hausthüren rütteln und dass aus dem Schlafe erweckte Personen aus den Betten springen. Grad 5. Ein dritter schwacher Stoss erfolgt eine

Stunde später, also einige Minuten nach h. 11 (Herr Postverwalter Renz).

Ausser in Brambach wird dieses Beben an folgenden in nördlicher Richtung von ersterem gelegenen Orten verspürt: in Frauengrün, Oberbrambach, Rohrbach und Landwüst, ebenso in den im Süden von Brambach gelegenen Ortschaften Hohendorf, Schönberg a. Kap. und Voitersreuth (Herr Renz, Herr Dr. med. Sonntag).

Soweit die Beobachtungen reichen, stellt das Erschütterungsareal des vogtländischen Bebens vom 4. Februar 1892 einen langgestreckt elliptischen Streifen vor, dessen durch die Endpunkte Landwüst im Norden und Voitersreuth im Süden bezeichnete, 12 km messende Längsachse von N nach S verläuft, während ihr grösster ungefähr in der Breite von Brambach gelegener Querdurchmesser etwa 4 km Länge besitzt.

Nach ihrer geologischen Beschaffenheit durchquert diese Schütterzone von N nach S zu ziemlich gleichen Theilen zunächst die Phyllite, dann die Glimmerschiefer und schliesslich den Granitstock des Kapellenberges. Grössere Dislocationen sind innerhalb dieses Areales selbst nicht vorhanden.

Die Brambacher Gegend, die pleistoseismische Stelle dieses Bebens, hat sich im Laufe der letzten Jahre wiederholt als Schauplatz localer Erschütterungen bemerklich gemacht, so am 24. November 1889 (No. 2), am 19. Mai 1894 (No. 11), am 27. und 28. Februar 1896 (No. 12), am 6. März 1896 (No. 14), am 19. Juli 1896 (No. 16) und spielt in anderen ausgedehnteren vogtländischen Beben, namentlich während der 37 tägigen Erdbebenperiode im October und November 1897 (No. 22) eine bevorzugt pleistoseismische Rolle, Erscheinungen, die auf einen in dortiger Tiefe gelegenen chronischen Stossheerd hinweisen.

Am 27. März 1892.

6 (22). Erdstoss in Zöblitz im Erzgebirge.

Viele Einwohner der Stadt Zöblitz werden Abends h. 8,30 durch einen ruckförmigen Erdstoss und unterirdisches Donnern aufgeschreckt. Einem Bürger, der gerade den Wirbel eines Fensters anfasst, wird derselbe durch den Stoss nach unten aus der Hand gezogen. Grad 4. (Herr Dr. med. Merkel).

Am 9. Juli 1892.

7 (23). Erderschütterung von Grossrückerswalde und Niederschmiedeberg bei Marienberg im Erzgebirge.

Von sämmtlichen Bewohnern des Forstgehöftes Grossrückerswalde wird Mittags h. 12,2 sowohl in dem Gebäude selbst, wie in dem zugehörigen Hofraume, wo einige Personen beschäftigt sind, ein wellenförmiger Erdstoss in der Richtung von W—O mit darauf folgendem Erzittern nebst begleitendem, wenige Secunden andauerndem unterirdischem Rollen bemerkt. Eine Stubenthür im Erdgeschosse des Hauses sprang auf, die Jagdhunde wurden unruhig, winselten und versteckten sich. Auch im Dorfe Grossrückerswalde, sowie in dem etwa 3 km südlich davon liegenden Niederschmiedeberg wurde das Erdbeben sowohl im Freien, wie in den Häusern wahrgenommen. Grad 3—4. (Herr Oberförster Menges).

Am 21. October 1892.

8 (24). Vogtländisches Erdbeben.

Das Erschütterungsgebiet des sich über den grössten Theil des sächsischen Vogtlandes erstreckenden Erdbebens vom 21. October 1892 hat die Gestalt einer unregelmässigen, stark nach Westen ausgebauchten Ellipse mit genau von N nach S streichendem Längsdurchmesser. Der letztere fällt in seinem südlichen Abschnitte mit der Längsachse des freilich weit kleineren Schüttergebietes des vogtländischen Erdbebens vom 4. Februar zusammen und bildet in seinem nördlichen Verlaufe deren directe Fortsetzung. In einer Gesammtlänge von 45 km verbindet er die Orte Reichenbach im Norden und Brambach im Süden, während der grösste Querdurchmesser 30 km erlangt. Dem von dem Erdbeben betroffenen Areale gehören die Städte Reichenbach, Lengenfeld, Treuen, Auerbach, Plauen, Oelsnitz, Schöneck und Adorf an, ferner ausser den zwischenliegenden Geländen der Landstrich westlich der Linie Plauen-Oelsnitz-Adorf bis zur sächsischen Landesgrenze, ja bis Feilitzsch bei Hof.

Der Zeitpunkt des Erdbebens wird in allen aus den verschiedensten Punkten des Erschütterungsgebietes eingegangenen Nachrichten als wenige Minuten vor 6 Uhr früh gemeldet, — lauter seismologisch nicht weiter verwerthbare Angaben.

Die seismische Erscheinung selbst äusserte sich meist als ein wellenförmiger Stoss, local mit nachfolgendem Erzittern, überall begleitet und zwar eingeleitet von unterirdischem Donnerrollen und nahm nur wenige, nämlich 2—5 Secunden in Anspruch. Derselbe machte vielerorts die Fenster erklirren, Gläser und Küchengeschirr klappern, setzte die Wachenden in Schrecken und brachte local Schlafende zum Erwachen, wurde an mehreren Stellen auch im Freien bemerkt und erreichte ungefähr den seismischen Stärkegrad 4.

Ueber die Richtung der diese Erschütterung erzeugenden Erdbebenwelle lauten die nur vereinzelten Nachrichten so widerspruchsvoll, dass auf ihre Verwerthung verzichtet werden muss. Diese anscheinende Gesetzlosigkeit mag wiederum nur z. Th. auf Täuschungen der Beobachter, vielmehr auf der Störung und Ablenkung des normalen Verlaufes der Erdbebenbewegung durch die jenes Gebiet in grosser Zahl durchsetzenden Verwerfungen beruhen. Auf letzteren Grund dürfte auch die Thatsache zurückzuführen sein, dass einerseits die Orte der überhaupt erreichten stärksten Intensität sich ganz unregelmässig über die Gesammtheit des Erschütterungsareales vertheilen und mit Flächen abwechseln, wo sich nur „Erzitterungen mit Donnerrollen" abspielten, sowie dass anderseits an 3 ganz isolirten, weit von einander entfernten Orten (Reichenbach, Auerbach und Adorf) 2 stärkere mit Erzitterungen verknüpfte Stösse kurz nach einander erfolgten. Die eingegangenen Berichte sind zu spärlich und z. Th. zu allgemein gehalten, um aus ihnen ein klares Gesammtbild des Bebens zu gewinnen. Berichterstatter die Herren E. WEISE (Plauen), FEHLHEBER (Reichenbach), FIEDLER (Thossfeld), P. GÜNTHER (Reuth), KASTEN (Rosenberg), Frh. von METZSCH (Schilbach), Dr. SONNTAG (Brambach), W. SCHMIDT (Wernesgrün), ZENKER (Adorf).

Am 12. November 1893.

9 (25). Erdstoss von Falkenstein-Cunsdorf im Vogtlande.

In Falkenstein erfolgt 10 Minuten vor 2 Uhr Nachts ein mit dumpfem Dröhnen verbundener wellenförmiger Stoss in der Himmelsrichtung O—W und von 2—3 Secunden Dauer. (Herr O. LANGE u. R. POHLANDT).

Zur nämlichen Zeit, also kurz vor 2 Uhr Nachts wird in

Cunsdorf bei Elsterberg ein heftiger, ebenfalls wellenförmig O—W verlaufender Erdstoss verspürt, der sich durch ein rollendes Geräusch ankündigt, welches im Momente des Stosses zu kurzem Donnerschlag anwächst. Das Haus des Berichterstatters schien zu schwanken, sein Bett erzitterte stark. (Herr FRD. TRUMMER).

Falkenstein und Cunsdorf sind durch einen Zwischenraum von 21 km getrennt, aus welchem Beobachtungen über das Beben nicht vorliegen. Dieser Mangel dürfte sich wohl aus dem für die Wahrnehmung der wenig starken Erschütterung sehr ungünstigen Zeitpunkte der letzteren erklären, welche selbst in der Stadt Falkenstein nur von wenigen, damals noch wachenden Personen bemerkt wurde. Für die Einheitlichkeit der in Falkenstein und Cunsdorf beobachteten Erdbebenerscheinungen kann somit nur deren zeitliche Uebereinstimmung geltend gemacht werden.

Am 1. Mai 1894.

10 (26.) Erderschütterung in Plauen im Vogtlande.

In Plauen wird Nachts h. 2,15 von wachenden Personen ein leichtes, mit unterirdischem Dröhnen verbundenes Erzittern der Gebäude und Mobilien beobachtet. (Vogtländ. Anzeiger).

Am 19. Mai 1894.

11 (27). Erdstoss in Brambach im oberen Vogtlande.

In Brambach macht sich früh h. 7,3 ein wellenförmiger, von SO nach NW gerichteter Erdstoss, verbunden mit fibrirender Bewegung des Fussbodens, während einer Zeitdauer von 2—3 Secunden bemerklich und wird von dumpfem Rollen begleitet. (Herr Postverwalter RENZ).

Am 27., 28. und 29. Februar 1896.

12 (28). Erdbeben im Vogtlande.

In Brambach erfolgen in dem Zeitraume von gegen 11 Uhr in der Nacht des 27. bis zum Morgen des 28. Februar elf mit unterirdischem Rollen verbundene Stösse und zwar der erste

am 27. Februar Nachts h. 10,45,

dann in Zeitzwischenräumen von 1 bis 1 ½ Stunden 4 Stösse,

ferner in der Frühe des 28. Februar

h. 4,45 3 Stösse unmittelbar auf einander,
kurz vor und nach 7 Uhr 2 Stösse
und h. 7,45 1 Stoss.

Am heftigsten äusserten sich die 3 Stösse am Morgen des 28. Febr. h. 4,45, doch brachten auch die übrigen meist noch Gläser, Fenster und Küchengeschirr zum Klirren, versetzten den Boden in auch im freien Felde fühlbare, schwankende Bewegung und wirkten besonders auf die Bewohner von auf hochliegendem Felsgrund stehenden Häusern geradezu erschreckend. Als Himmelsrichtung der kurz stossförmigen seismischen Wellen wird N—S angegeben. (Herr Bastänier in Brambach).

Nicht nur in Brambach und dessen Nachbarschaft, z. B. in Fleissen, also wohl im grösseren Theile des oberen Vogtlandes machte sich dieses Beben fühlbar, sondern dasselbe wird auch in Pöhl bei Jocketa, also in 38 km nördlicher Entfernung in der Morgenfrühe des 28. Februar in Form zweier, ziemlich heftiger Stösse verspürt, während aus der zwischenliegenden Gegend Nachrichten nicht eingegangen sind. Es bleibt somit zweifelhaft, ob beide Erbebungen in einheitlichem Zusammenhange stehen. Nun hat aber gerade die Pöhl'er Gegend eine besonders enge Zerstückelung ihres paläozoischen Untergrundes durch nordwestlich und nordöstlich streichende Verwerfungen und hierdurch sowie durch verquetschte Faltungen aussergewöhnlich intensive, kaum entwirrbare Lagerungsstörungen erlitten. Es ist deshalb nicht ausgeschlossen, dass die dort gleichzeitig mit dem ziemlich heftigen Erdbeben im südlichen Vogtlande erfolgten Erschütterungen einem Anstosse durch die von letzterem ausgegangenen Erdbebenwellen ihren Ursprung verdanken, indem diese eine Lagenveränderung nur schwach unterstützter Gebirgskeile veranlassten. In diesem Falle würden die Pöhl'er Erdstösse als „Relaisbeben" mit dem obervogtländischen Erdbeben causal verknüpft sein.

Endlich erfolgte auch noch am 29. Februar im oberen Vogtlande Nachmittags h. 3,30 ein ziemlich starker Erdstoss.

Am 28. Februar 1896.

13 (29). Erdstoss von Ottendorf bei Hainichen.

Aehnlich wie im oberen Vogtlande erfolgte in der Frühe des 28. Februar, jedoch bereits gegen 4 Uhr in Ottendorf bei Hainichen

im sächsischen Mittelgebirge ein so heftiger Erdstoss, dass der Referent, Herr GANSEL auf Ottendorf, aus dem Schlafe erweckt wurde und deutlich ein von N nach S gerichtetes Schwanken des Hauses, sowie ein brausend dahin ziehendes, beängstigendes Donnerrollen wahrnahm. Bei der grossen, fast eine Stunde betragenden Zeitdifferenz zwischen dieser und der unter 12 beschriebenen Erderschütterung ist deren einheitlicher Zusammenhang ausgeschlossen.

Am 6. März 1896.

14 (30). Erdstoss in Brambach im oberen Vogtlande.

In der Frühe des genannten Tages wird in Brambach wiederum ein Erdstoss verspürt (Herr BASTÄNIER).

Am 16. Mai 1896.

15 (31). Vogtländisches Erdbeben.

(Hierzu die nebenstehende Kartenskizze.)

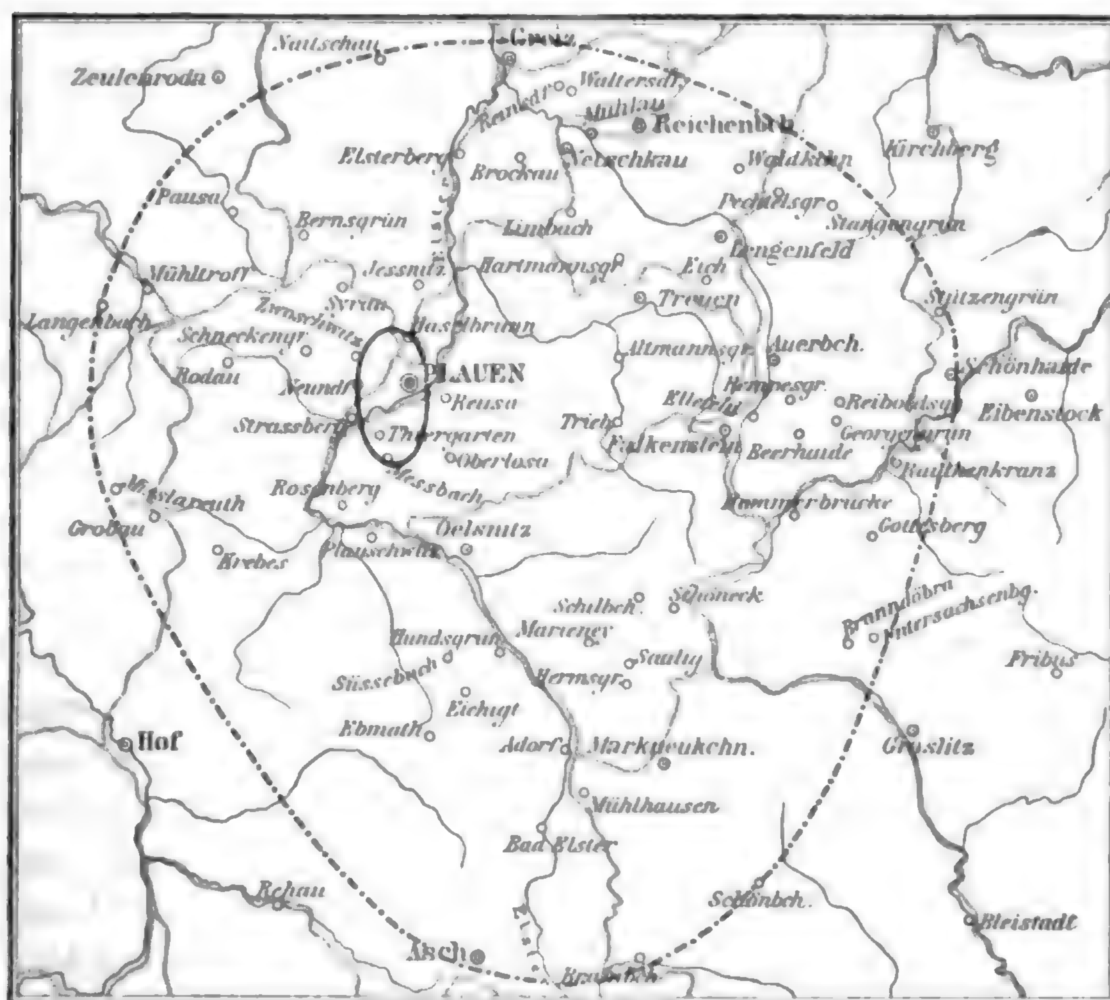
Am Abend des 16. Mai 1896 wurde der bei Weitem grösste Theil des Vogtlandes durch ein local sehr heftiges Erdbeben betroffen.

Das Schüttergebiet desselben besitzt, soweit die in grosser Zahl eingegangenen Nachrichten reichen, die Gestalt eines regelmässigen Ovals, dessen Längsachse die Orte Greiz im Norden und Asch im Süden verbindet, 50 km Länge besitzt, ganz wie bei den vogtländischen Beben vom 4. Februar 1892 (No. 5) und vom 21. October 1892 (No. 8) in genau nordsüdlicher Richtung und zwar kaum 10 km westlich von der Längsachse dieser beiden früheren Erdbeben verläuft. Der grösste Querdurchmesser des Schüttergebietes vom 16. Mai 1896 liegt zwischen den Orten Langenbach bei Mühltroff im Westen und Stützengrün unweit Eibenstock im Osten und hat eine Erstreckung von 47 km. Dem als solches feststellbaren Schüttergebiete gehören folgende Städte an: Greiz, Elsterberg, Netzschkau, Mylau, Reichenbach, Mühltroff, Plauen, Lengenfeld, Treuen, Auerbach, Falkenstein, Oelsnitz, Schöneck, Adorf, Markneukirchen und Asch.

Von innerhalb dieses Areales gelegenen Städten und Dörfern sind aus 94 Ortschaften mehr oder weniger eingehende Erdbebenberichte in Beantwortung der z. Th. durch die Zeitungen ver-

öffentlichten, z. Th. durch die Herren E. Weise in Plauen und Dr. A. Simon in Auerbach versandten Fragebogen eingegangen. In der Stadt Plauen selbst nahm Herr Weise nicht weniger als 112 Einzelprotokolle auf.

Die eingelaufenen Mittheilungen über den Zeitpunkt des Erdbebens bewegen sich fast ausnahmslos zwischen h. 8,50 und



Das vogtländische Erdbeben am 16. Mai 1896, Abends h. 8,50.

——— das epicentrale Gebiet.

—·—·— das Gebiet des Schüttergrades 4 bis 5.

8,55 Abends. So zahlreich diese Angaben sind, so beziehen sich doch nur 2 derselben, nämlich diejenigen von Plauen (zwischen h. 8,50 und h. 8,51) und von Strassberg (h. 8,52) auf die Bahnhofsuhr, sind im Uebrigen ordnungslos über das ganze Schüttergebiet verstreut und deshalb für specielle seismologische Ausnutzung nicht geeignet.

Die Dauer des Erdbebens hat man durchweg auf nur 2—3, höchstens 5 Secunden geschätzt.

Die Form desselben wird geschildert als stossförmig, schwankend, wellenförmig, z. Th. mit Erzitterung des Bodens verbunden. Während von fast allen Beobachtungsstellen nur eine derartige Erschütterung gemeldet wird, sind in Mylau (im N), in Stangengrün, Treuen, Reumtengrün und Rempesgrün (im NO), in Syrau, Neundorf, Strassberg, Haselbrunn (im W) und in Eichigt (im S des Schüttergebietes) zwei, in einzelnen Theilen der Stadt Plauen sogar drei Stösse beobachtet worden, von denen bald der erste, bald der zweite als der stärkere empfunden wurde. Eine Gesetzmässigkeit in der geographischen Vertheilung, eine Abhängigkeit von der geologischen Zusammensetzung des Schüttergebietes giebt sich in der Lage der genannten Orte nicht kund.

Fast Gleiches gilt von der Richtung, in welcher nach den eingegangenen Beobachtungen die wellenförmigen Erderschütterungen verliefen. Nur scheint es, als ob die Mehrzahl dieser Richtungslinien auf die Gegend von Plauen als den oberflächlichen Ausgangsort des Erdbebens hinwiesen, was mit später mitzutheilenden seismischen Aeusserungen im Einklang stehen würde.

Die Intensität des Erdbebens erreichte fast in seinem ganzen von den eingegangenen Berichten gedeckten Schüttergebiete und zwar selbst an vielen dessen construirter Grenze nahe gelegenen Orten den seismischen Grad 4—5 und äusserte sich demnach durch etwa folgende Gesammterscheinungen: Gebäude erzittern, Balken knacken, Fenster, Gläser und Küchengeschirr klirren, Stuben- und Ofenthüren klappern, Bilder, Spiegel und Hängelampen pendeln, hier und dort schlägt eine Thürglocke an, Vögel flattern unruhig in ihrem Käfig, Hühner gackern ängstlich, Hunde knurren, die Menschen erschrecken, unterirdisches Donnern, Rasseln und Dröhnen begleitet die Erschütterung. Es ist einleuchtend, dass die Erdbebenwelle sich noch jenseits dieses inneren intensiven Erschütterungsgebietes in eine Zone schwächerer und schwächster Erbebungen fortgepflanzt haben muss, welche aber der Beobachtung oder Berichterstattung entgangen sind.

Noch kräftiger als in seinem ganzen übrigen Gebiete verhältnissmässig hochgradiger Erschütterung äusserte sich das Erdbeben innerhalb eines engbegrenzten kleinen Areales, nämlich in der Stadt Plauen und deren Umgebung mit den Nachbarorten Neundorf, Messbach und Haselbrunn, wo es mindestens den seismischen Grad 6 erreichte. In Plauen folgen 3, in Haselbrunn

und Neundorf 2 Stösse rasch aufeinander, von denen der zweite der stärkste ist. Dieselben werden in Plauen, von wo, wie gesagt, 112 durch Herrn E. Weise gesammelte Berichte vorliegen, in allen denkbaren Richtungen verspürt: von unten nach oben, von W—O, von SW—NO, von NW—SO. Unter ihrem Einflusse schwanken Häuser derart, dass sich deren Bewohner förmlich in die Höhe gehoben fühlen und dass Möbel und Betten schaukeln; — hier und dort stürzt ein Bild von der Wand, eine Lampe vom nahen Tischrande, kleine Gläser fallen um, Blumentöpfe und Vogelkäfige herab, aus einem zerbrochenen Fenster die Scherben heraus, Tassen vom Gesimse, — das Wasser plätschert in der Wanne, Uhren bleiben stehen, locker geschlossene Fenster fliegen auf, Hunde heulen, Ziegen meckern ängstlich, liegende Pferde springen auf, schlafende Vögel fallen von den Sprunghölzern ihrer Käfige, die Menschen erfasst Furcht und Schrecken, viele verlassen allarmirt das Haus, — das begleitende unterirdische Rollen steigert sich zu explosionsartigem Krachen und Donnern. Alles summirt sich zu dem heftigsten Beben, welches die von Erderschütterungen so oft betroffene Gegend von Plauen seit Decennien heimgesucht hat. Doch wiederholt sich auch hier die Erscheinung, dass sich dasselbe selbst in Nachbarhäusern in sehr verschiedenem Grade geltend macht, ja dass es in einem Gebäude gar nicht verspürt wird, während das anstossende der stärksten Erschütterung ausgesetzt ist.

Die hochgradige Intensität und die Complicirtheit der seismischen Aeusserungen in Plauen und seinen Nachbarorten kennzeichnen jene Stelle als Ausgangsort, als epicentrales Gebiet des vogtländischen Bebens vom 16. Mai 1896. Sie ist die Heimath vieler grösserer Dislocationen und noch zahlreicherer kleinerer Verwerfungen, die das dortige Gebirge geradezu zerstückeln.

Berichterstatter: die Herren R. Georgi (Rützengrün), Hüttner (Pirk), Haueis (Saalig), Brückner (Rempesgrün), Dürbig (Schloss Reusa), Pank (Bad Elster), Böhm (Rautenkranz), Dr. Wolff (Reiboldsgrün), vorzüglich aber die Herren E. Weise in Plauen und Dr. A. Simon in Auerbach, welche letzteren durch Einziehung von Berichten aus zahlreichen Ortschaften des Vogtlandes das hauptsächliche Unterlagsmaterial für obige Darstellung geliefert haben.

Am 19. Juli 1896.

16 (32). Erdstoss von Brambach im oberen Vogtlande.

In Brambach wird um 12 Uhr 29 Min. in der Nacht zum 19. Juli ein wellenförmig in N—S-Richtung verlaufender Stoss verspürt, welcher Fenster und die Glasprismen der Hängelampe erklirren macht und letztere in schwankende Bewegung versetzt. Auf diese Erschütterung folgt ein 3 Secunden andauernder rollender Donner. Wahrscheinlich in Folge der nachtschlafenden Zeit dieses Erdbebens ist dasselbe in den benachbarten Dörfern nicht beobachtet worden. (Herr Postverwalter RENZ).

Am 14. September 1896.

17 (33). Erdstoss in Plauen im Vogtlande.

In Plauen wird Abends h. 7.55 eine wellenförmige, mit unterirdischem Prasseln verbundene Erderschütterung verspürt, die sich in der Richtung N—S fortpflanzt. (Vogtländischer Anzeiger).

Am 31. October, 1., 2., und 3. November 1896.

18 (34). Erzgebirgisch-nordböhmisches Erdbeben.

(Hierzu die Kartenskizze auf S. 22.)

Am 3. November 1896 fand kurz nach 9 Uhr Abends in der directen Nachbarschaft des böhmischen Absturzes und am Fusse des Erzgebirges in der Gegend zwischen Reitzenhain, Katharinenberg, Brüx und Bilin eine Erderschütterung statt, über welche dem von der Erdbeben-Commission der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien für Deutsch-Böhmen bestellten Referenten, Herrn Professor Dr. F. BECKE in Prag, aus 14 Orten Berichte eingingen. Derselbe publicirte die von ihm gewonnenen Resultate im Hefte II der Mittheilungen der genannten Commission und fixirte hierbei[1]) das Schüttergebiet des „Erdbebens von Brüx" wie folgt: „Das erschütterte Areal war ein ziemlich eng begrenztes und erstreckte sich auf ein beiläufig elliptisches Gebiet mit einer längeren Axe von circa 40 km von Reitzenhain bis Hochpetsch und einer kürzeren mit dem Bruchrande des Erzgebirges zusammenfallenden, von Görkau bis Ossegg (circa 20 km)."

Nach dieser auf die überhaupt an Prof. Dr. BECKE ein-

1) l. c. Wien. 1897. S. 3.

gegangenen Beobachtungen basirten Schilderung des Schütterareales gehörte dieses ausschliesslich dem Grenzgebiete Böhmens gegen das Königreich Sachsen an, überschritt nirgends deren gegenseitige Grenzlinie und wurde nach der Mittheilung eines Gewährsmannes des Herrn Professor Becke am Nordwestabhange des Erzgebirges selbst in dem der Grenze nächst liegenden Olbernhau nicht mehr verspürt (l. c. S. 3).

Und doch ist dieser Mangel an Erdbebennachrichten aus den nördlich und westlich anstossenden Theilen des Königreiches Sachsen nichts als die Folge des scheidenden Einflusses der politischen Grenze, mit welcher die Mittheilung von Beobachtungen an den Prager Geologen abschneidet. Thatsächlich hat sich, wie bereits Annaberger, Freiberger, Chemnitzer und Leipziger Zeitungen meldeten, das Erdbeben vom 3. November weithin nach Sachsen über den Nordwestabfall des Erzgebirges erstreckt und sich selbst noch in der Gegend von Brand-Freiberg fühlbar gemacht, so dass der viel grössere Theil seines Schüttergebietes dem Königreich Sachsen angehört.

Aus letzterem liefen in Beantwortung meines auch durch die Tagesblätter, und zwar namentlich durch das „Annaberger Wochenblatt“ verbreiteten Fragebogens aus zahlreichen Orten grossentheils sehr detaillirte Berichte ein, welche durch z. Th. ebenfalls recht eingehende Zeitungsnachrichten ergänzt wurden. So liegen denn jetzt aus folgenden von NO nach SW aufgezählten Orten Beobachtungen über das Erdbeben vom 3. November 1896 vor:

1. Dorfchemnitz,
2. Sayda,
3. Heidelberg,
4. Seiffen,
5. Deutschneudorf,
6. Grünthal,
7. Lochmühle,
8. Olbernhau,
9. Zöblitz,
10. Marienberg,
11. Pobershau,
12. Reitzenhain,
13. Wolkenstein,
14. Jahnsbach,
15. Ehrenfriedersdorf,
16. Grossrückerswalde,
17. Boden,
18. Ober-Schmiedeberg,
19. Steinbach,
20. Tannenberg,
21. Frohnau,
22. Annaberg,
23. Buchholz,
24. Jöhstadt,

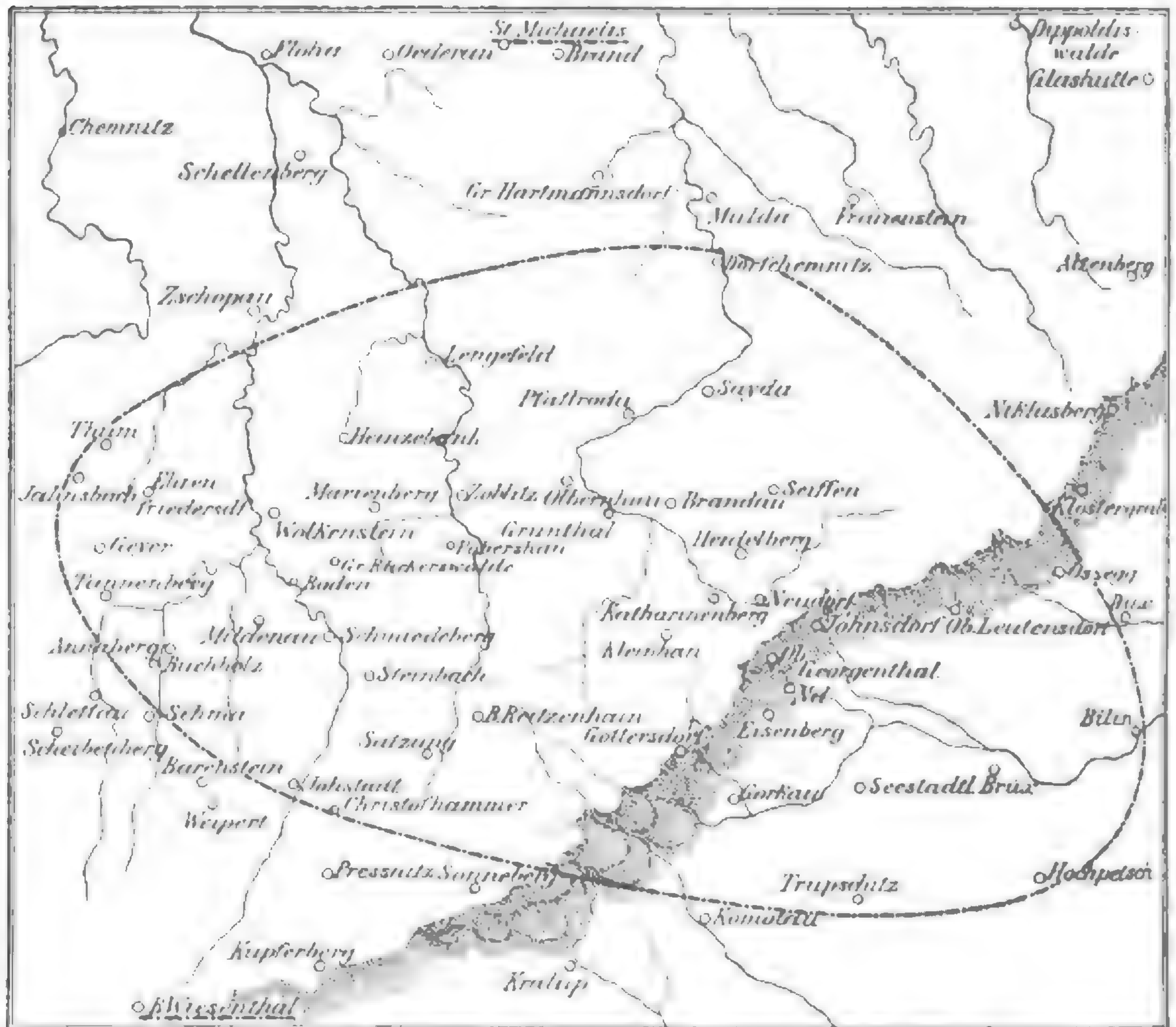
ferner neben einer Anzahl bereits in das Gebiet des sog. „Brüxer

Erdbebens“ fallender Ortschaften aus den direct jenseits der sächsischen Grenze gelegenen Plätzen:

25. Brandau, 27. Christofhammer,
26. Nickelsdorf, 28. Böhmisch-Wiesenthal

und endlich aus dem weit nach N vorgeschobenen Bergreviere von

29. Brand-Freiberg.



Das erzgebirgisch-nordböhmische Erdbeben am 3. November 1896 Abends 9 Uhr.

—•—•—•—•— Grenze des Gebietes stärkerer Erschütterung.

—•—•—•— isolirte Beobachtungspunkte in der peripheren Zone geringgradiger Erschütterung

(Berichterstatter: die Herren W. ABIGT in Jahnsbach, Prof. Dr. BECK in Freiberg, Lehrer BÖTTGER in Grünthal, Dr. C. BRÄUER in Annaberg, Oberbergdirector FISCHER in Freiberg, Dr. FRISCH in Annaberg, Lehrer GOLDMANN in Grossrückerswalde, E. LEISCHING in Jöhstadt, Amtsrichter LEONHARDT in Olbernhau, Dr. MERKEL in Zöblitz, G. MÜLLER in Olbernhau, Oberlehrer RUHSAM in Annaberg, R. SALZER in Christofhammer, E. SCHMIDT in Bömisch-Wiesenthal, Pfarrer STARKE in Dorfchemnitz, L. M. WÄNTIG in Ehrenfriedersdorf.)

Ausserdem stehen die Herrn Professor BECKE zugegangenen Berichte aus folgenden 14 böhmischen Orten zu Gebote, auf denen seine Beschreibung des „Brüxer Erdbebens“ basirt:

1 (30). Katharinenberg,	8 (37). Eisenberg,
2 (31). Kleinhan,	9 (38). Ossegg,
3 (32). Görkau,	10 (39). Seestadtl,
4 (33). Oberleutensdorf,	11 (40). Brüx,
5 (34). Johnsdorf,	12 (41). Trupschitz,
6 (35). Ober-Georgenthal,	13 (42). Bilin,
7 (36). Nieder-Georgenthal,	14 (43). Hochpetsch.

Unter Zugrundelegung der geographischen Vertheilung dieser Beobachtungspunkte hat das durch die Gesammtheit der letzteren gedeckte innere Schüttergebiet des Erdbebens vom 3. Nov. 1896 die ungefähre Gestalt einer langgezogenen, aber nach Norden ziemlich stark ausgebauchten Ellipse, deren fast westöstlich verlaufender Längsdurchmesser zwischen Jahnsbach im Westen und Bilin im Osten 60 km Länge besitzt, während ihr nordsüdlicher Querdurchmesser in 34 km Länge Dorfchemnitz im Erzgebirge und eine Stelle westlich von Komotau verbindet.

Die auf solche Weise umgrenzte Fläche bezeichnet jedoch nicht das Gesammtareal des Schüttergebietes, sondern nur dessen durch besonders energische Erbebung und in Folge dessen durch ein ziemlich enges Netz von Beobachtungspunkten gekennzeichnetes inneres Feld. Dass die peripherisch verklingenden Erdbebenwellen die Grenzen des letzteren thatsächlich noch überschritten und sich hier nur durch ihre Geringfügigkeit fast überall der Berichterstattung entzogen haben, wird durch die weit im Norden und im Südwesten des Areales intensiverer Erschütterung gemachten Beobachtungen bei Brand-Freiberg und in Böhmisch-Wiesenthal bezeugt.

In der Bestimmung des Zeitpunktes des Erdbebens harmoniren fast alle Beobachter darin, dass dasselbe einige Minuten nach 9 Uhr am Abend des 3. November stattgefunden hat. Auch die meisten Zeitangaben der böhmischen Berichterstatter concentriren sich auf einen Zeitraum von wenigen Minuten nach 9 Uhr.

Das Erdbeben äusserte sich ebenso wie an den von BECKE l. c. S. 5 aufgezählten böhmischen Orten, so auch im Bereiche des Königreiches Sachsen an einer grösseren Anzahl von Beobachtungspunkten in zwei Erschütterungen, von denen die erste die beträchtlich stärkere war; in Grünthal an der sächsisch-böhmischen Grenze

und bei Brand-Freiberg wurden sogar 3 in kurzen Zeitzwischenräumen auf einander folgende seismische Erscheinungen beobachtet. Eine gesetzmässige Vertheilung aller dieser und der nur eine Erschütterung meldenden Orte ist nicht ersichtlich, vielmehr mögen von manchen Beobachtern die Einzelelemente des Bebens nicht getrennt gehalten worden sein.

Die erste stärkere, überall wahrgenommene Erschütterung machte sich an der grossen Mehrzahl der sächsischen Beobachtungspunkte fühlbar als „wellenförmiges Schwanken", als „Stoss", als „langsames Wogen", local „in starkem Stoss endend" oder „mit nachfolgendem Erzittern", — überall begleitet von mehr oder weniger intensivem donnerartigem Rollen. Die Dauer dieses Vorganges wird meist auf nur wenige (2—3) Secunden geschätzt.

Die Bewegung fand nach der Empfindung der Beobachter statt in der ungefähren Himmelsrichtung

S—N in

Deutsch-Neudorf, Böhmisch-Wiesenthal, Annaberg, ferner nach Becke (l. c. S. 7) in Katharinenberg, Kleinhan, Görkau, Niedergeorgenthal, Ossegg und Seestadtl,

in der Richtung SW—NO in

Jahnsbach, Ehrenfriedersdorf, Zöblitz, Jöhstadt und Dorfchemnitz.

Ueber angebliche Stossrichtungen SO—NW und O—W sind aus dem ganzen Schüttergebiete nur von 4 Orten Meldungen eingegangen.

Die Erderschütterung äusserte sich innerhalb des gesammten Seite 22 u. 23 umgrenzten, ziemlich geschlossenen Areales in, wie es scheint, annähernd gleicher Intensität. An Orten in nächster Nähe der sächsisch-böhmischen Grenze, z. B. in Olbernhau, Christofhammer und Deutsch-Neudorf, wie in solchen von 10 bis 20 km nordwestlicher Entfernung von derselben, z. B. in Zöblitz, Dorfchemnitz und Ehrenfriedersdorf, ebenso an mehreren Plätzen des böhmischen Gebirgsabsturzes und dessen Fusses erzittern die Gebäude, schwanken Wände und Dielen, klappern Thüren, Gläser und Küchengeräth, klirren Fenster, wackeln Oefen, pendeln Hängelampen und Vogelkäfige, bellen Hunde wüthend, erschrecken Menschen heftig, — lauter Erscheinungen, welche dem Erdbeben vom 3. XI. 1896 den seismischen Grad 4—5 zuertheilen.

Aus der das Areal dieser intensiveren Erschütterung umrahmenden Zone des austönenden Bebens liegen, wohl in Folge seiner randlichen Geringgradigkeit, nur zwei Berichte über dessen

Beobachtung vor. Unter ihnen hat derjenige des Herrn Oberbergdirector Fischer in Freiberg besonderes Interesse und zwar zunächst wegen der isolirten, weit nach Norden vorgeschobenen Lage des dortigen Beobachtungsortes. Nach diesem Berichte wurden alle Baue der Grube Himmelsfürst bei Brand-Freiberg Abends h. 9,10 mitteleuropäischer Zeit von einem donnernden, wenige Secunden andauernden Rollen durchzogen, das crescendo aus der Ferne kam, dann wieder austönte und local von einem eigenthümlichen Krachen des Nebengesteines begleitet war. Diese Erscheinung wirkte so beängstigend, dass sich ein allein arbeitender Häuer zu seinen in der Nähe befindlichen Kameraden flüchtete. Kurz darauf folgte ein zweites und h. 9,20 ein drittes ähnliches, aber schwächeres Geräusch. Während hiernach in den Grubenbauen eigentliche Erschütterungen nicht bemerkbar waren, wurden über Tage in dem Dorothea-Huthause und einem nahen kleinen Zechenhause schwache Erbebungen wahrgenommen.

Auch in dem am weitesten nach SW gelegenen Beobachtungspunkte des Erdbebens, in Böhmisch-Wiesenthal äusserte sich das letztere nur noch in sehr geringer Intensität. Hier ertönte h. 9,5 ein dumpfes Rollen, bei welchem der Tisch, auf den der Beobachter (Herr E. Schmidt) gerade seine Arme stützte, erzitterte, und nach welchem kurz darauf ein zweites schwaches Rollen erfolgte.

Das beschriebene Erdbeben vom 3. November wurde durch Erschütterungen, welche sich während des 31. October, sowie des 1., 2. und 3. November abspielten, eingeleitet. Ueber solche Vorläufer des Hauptstosses sind Herrn Professor Becke und mir zahlreiche Nachrichten zugegangen, nach denen schwache Erdstösse stattfanden:

am 31. October

Abends h. 8 in Eisenberg,
h. 9,45 in Deutsch-Neudorf und Eisenberg,
h. 10,30 in Deutsch-Neudorf und Kleinhan;

am 1. November

Früh h. 2 in Sayda, Seiffen, Deutsch-Neudorf, Eisenberg, Katharinenberg, Kleinhan und Görkau (ziemlich kräftiger Stoss),
h. 3,30 in Eisenberg,

h. 5,45 in Deutsch-Neudorf und Eisenberg,
h. 6,30 in Eisenberg,
Abends h. 7 in Katharinenberg;

am 2. November

Früh h. 3,15 in Eisenberg,
Nachmittags h. 2,15 in Deutsch-Neudorf,
h. 3 in Seiffen und Fley,
h. 3,15 in Deutsch-Neudorf, Eisenberg und Kleinhan,
h. 3,30 in Deutsch-Neudorf und Katharinenberg,
h. 4 in Dorfchemnitz und Fley,
h. 4,30 in Katharinenberg,
h. 5 in Dorfchemnitz,
h. 8,30 in Eisenberg;

am 3. November

Früh h. 12,30 in Eisenberg,
h. 8,30 in Katharinenberg,
Nachmittags h. 1,15 in Eisenberg,
h. 2,55 in Eisenberg,
h. 4,15 in Eisenberg,
h. 6,30 in Nieder-Georgenthal,
h. 8,30 in Katharinenberg.

Alle diese zahlreichen Vorläufer des Hauptbebens concentriren sich mit Ausnahme zweier mehr nach Norden vorgeschobener Beobachtungspunkte (Sayda und Dorfchemnitz) auf die Nachbarschaft des erzgebirgischen Bruchrandes und auf den Fuss dessen böhmischen Steilgehänges.

Diese Thatsache zusammen mit der Abnahme der Intensität des Erdbebens nach Norden (Freiberg) und nach Südwesten (Böhmisch-Wiesenthal), sowie mit der im ganzen Nachbargebiete des erzgebirgischen Abbruches beobachteten S—N-Himmelsrichtung der seismischen Erschütterung machen es in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Ausgangsstelle der Erdstösse auf der erzgebirgischen Bruchzone und zwar voraussichtlich in der Gegend von Eisenberg-Deutschneudorf-Katharinenberg zu suchen ist, wo auch die Erbebungen bereits am 31. October anhoben und bis zum Hauptstosse am Abend des 3. November mit verhältnissmässig kurzen Unterbrechungen fortdauerten.

Am 19. Mai 1897.

19 (35). Erdstoss von Plauen im Vogtlande.

Die Stadt Plauen und die ihr benachbarten Ortschaften werden Abends h. 8 durch einen ziemlich starken Stoss erschüttert.

Am 15. Juli 1897.

20 (36). Erdbeben im Vogtlande.

Ueber dieses Beben liegen Berichte aus Falkenstein, Hammerbrück, Marieney, Wernitzgrün, Rohrbach, Fleissen, Brambach und Voitersreuth vor (Berichterstatter Herr Postverwalter Renz und Herr Zier), während aus den zahlreichen zwischenliegenden Orten Nachrichten fehlen. Die Erschütterung des durch oben genannte Ortschaften gekennzeichneten, sich in 35 km Länge von N—S erstreckenden, aber nur wenige Kilometer breiten Streifens fand h. 7,10 in der Frühe des 15. Juli statt, bestand aus einer, in Fleissen und Wernitzgrün aus zwei, von Donnerrollen begleiteten, kurz wellenförmigen Bewegungen, durch welche Küchengeschirr zum Klirren, Hängelampen zum Schwanken gebracht wurden.

Am 7. September 1897.

21 (37). Erdbeben im Vogtlande.

Ueber dieses am 7. September Morgens h. 6,20 stattgehabte Beben liegen ebenfalls bestimmte Nachrichten nur aus einer geringen Anzahl von Beobachtungspunkten, nämlich aus Falkenstein, Oelsnitz und Brambach vor. Hier sind es wiederum die Orte Falkenstein im Norden und Brambach im Süden, welche die ungefähren Endpunkte der Längsachse des wie bei der Mehrzahl der vogtländischen Erdbeben nord-südlich gestreckten Schüttergebietes bezeichnen. Das Beben selbst äusserte sich in Form zweier im Abstande von etwa 4 Minuten auf einander folgenden, an genannten Orten und in deren Nachbardörfern, in, wie es schien, ost-westlicher Richtung verlaufenden, wellenförmigen Stösse vom seismischen Grade 3—4. (Herr E. Weise).

22 (38). Das sächsisch-böhmische Erdbeben vom 24. October bis zum 29. November 1897.

Das Erdbeben im Herbste des Jahres 1897, dessen heftigste Stösse das gesammte Vogtland, einen grossen Theil des Erzgebirges, sowie die denselben südlich vorliegende Westecke Böhmens, also das Egerland, den Kaiserwald, das Tepler Hochland bis zum Böhmerwald erschütterten und sich auch im Fichtelgebirge fühlbar machten, begann am 24. October und endete am 29. November, erstreckte sich demnach auf eine Zeitdauer von 37 Tagen. Innerhalb dieser Periode steigerten sich die im übrigen meist nur schwachen Erbebungen am 25., 29. und 30. October zu heftigen und am 7., 16. und 17. November zu sehr intensiven Stössen, um allmählich, ebenso wie sie begonnen, in schwächer werdenden, schliesslich durch grössere Zeitintervalle getrennten Erbebungen zu verklingen. Wenn nun auch aus dem Zeitraume von der ersten bis zur letzten Erschütterung über Hunderte von Einzelstössen Berichte vorliegen, so geht doch zugleich aus diesen hervor, dass die Zahl der unmittelbar wahrnehmbaren Erschütterungen in dem inneren, allen jenen Hauptstössen gemeinsamen Schüttergebiete thatsächlich eine noch sehr viel grössere gewesen ist, und dass dort aufgestellte Seismographen während der hauptsächlichsten Schütterperioden voraussichtlich fortwährende Erzitterungen des Bodens registrirt haben würden.

Das reiche Material, welches der nachstehenden Beschreibung dieses Erdbebens zu Grunde liegt, ist zunächst der ausführlichen täglichen Berichterstattung vogtländischer Zeitungen und zwar in erster Linie des unsere seismologischen Ziele seit langen Jahren erfolgreich fördernden Vogtländischen Anzeigers und Tageblattes in Plauen zu danken, welchem die Resultate des zweifelsohne durch unsere mehrjährigen Anregungen Gemeingut gewordenen Interesses für Erdbebenbeobachtung in Fülle zugeflossen sind. Aber auch erzgebirgische Blätter und unter diesen vorzüglich das Chemnitzer Tageblatt und das Annaberger Wochenblatt waren ebenso wie die Leipziger Zeitung bestrebt, ihre Leser zur Berichterstattung über dieses jüngste Erdbeben zu veranlassen.

Besonderen Werth hatten die seismischen Errungenschaften, welche Herr Seminar-Oberlehrer Dr. A. Simon in Auerbach mit Hülfe

systematischer Umfrage durch seine Schüler in deren Heimathsorten erzielte.

In Graslitz, einem der Hauptcentren des Bebens, hat sich Herr Dr. Bäuml durch sorgsame Registrirung der sich dort abspielenden Stösse das grösste Verdienst erworben. Durch direct an mich ergangene, ausführliche Berichterstattung während der ganzen Dauer der Graslitzer Schütterperiode hat mich Herr Theod. Pscherer wesentlich unterstützt.

Gross ist die Zahl derer, welche mir ohne Vermittlung der Presse aus den von jenen Erschütterungen betroffenen Theilen des Vogtlandes und Erzgebirges die Resultate ihrer Wahrnehmungen brieflich zu Gute kommen liessen.

Alle diese Berichterstatter, sowie die Redactionen der Zeitungen, die sich in dieser Richtung verdient gemacht haben, mögen in der Verwerthung ihrer Mittheilungen zu dem Gesammtbilde des denkwürdigsten unserer heimischen Erdbeben den Dank und die Anerkennung finden, welche ihnen die Seismologie ihrer Heimath schuldet.

Endlich habe ich noch der mir sehr werthvollen Leistungen des Cand. M. Kaendler zu gedenken, der in meinem Auftrage im November v. J. grössere Theile des Erschütterungsgebietes bereiste und u. a. namentlich auch alle diejenigen Fälle einer kritischen Prüfung unterzog, wo Risse und Sprünge in Baulichkeiten von dortigen Berichterstattern als Erzeugnisse von Erdstössen beansprucht worden waren.

Trotz aller dieser Unterlagen wäre das Bild dieses Bebens ein unvollständiges geblieben ohne das dankenswerthe Entgegenkommen des böhmischen Referenten der Erdbeben-Commission der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, des Herrn Prof. Dr. F. Becke in Prag, welcher mir das ganze reiche, von ihm mit Hülfe seiner Correspondenten im nordwestlichen Böhmen gesammelte Material über dieses Erdbeben zu Gebote stellte, wodurch ich die erfreuliche Veranlassung erhielt, ihm für die Zwecke seiner eignen Bearbeitung desselben die von mir zusammengestellten einschlägigen Beobachtungen auf sächsischem Areale darzubieten. Ein fortgesetztes derartiges Zusammenwirken der Mittelpunkte für die Erdbebenforschung in Böhmen und Sachsen wird werthvolle Resultate zeitigen, da wohl die meisten der von der erzgebirgischen Bruchzone und von dem Dislocationsgebiete des Vogtlandes aus-

gehenden Erderschütterungen beide Nachbarländer betreffen werden, das Schicksal der Berichte aber in ausgesprochenster Weise durch den Verlauf der politischen Grenze beeinflusst wird, indem sie sich erfahrungsgemäss (vergl. S. 21) auf deren böhmischer Seite zumeist nach Prag, — vom Erzgebirge und sächsischen Vogtlande aus aber wesentlich nach Leipzig wenden.

Wie beim Verfolge aller Erdbeben, deren Wahrnehmungen nicht auf seismochronographischer Notirung basiren, sind auch in dem Falle des sächsisch-böhmischen Bebens im Herbste 1897 die eingegangenen Mittheilungen über den Zeitpunkt der Erderschütterung, sowie über die jedesmalige Richtung der Bodenbewegung unzuverlässig und zur Eruirung der Einzelelemente der seismischen Phänomene nicht geeignet. Die einleuchtenden Gründe hierfür sind schon wiederholt — aber wie es scheint, noch nicht mit allgemeinem Erfolg, — betont und auch von uns mehrfach hervorgehoben worden. Die auf die Einzelstösse des hier zu beschreibenden Erdbebens bezüglichen Zeitangaben genügen nur zur ungefähren Fixirung der Eintrittszeit der Hauptstösse, nicht aber zur Construction von Isochronen und zur Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Die oft zahlreichen, in kurzen Zwischenräumen einander folgenden schwächeren Stösse und Erzitterungen hingegen sind auf Grund der übermittelten Zeitangaben nicht mit einander zu identificiren, da letztere nicht im Einklang stehen und selbst an unmittelbar benachbarten Orten nicht übereinstimmen.

In fast gleichem Grade gilt dies von der Richtung der Stösse, deren Abschätzung gänzlich von dem subjectiven Eindrucke und dem raschen Orientirungsvermögen des von denselben Betroffenen abhängt und die ausserdem durch Verwerfungen und den local raschen Wechsel massiger und geschichteter Gesteine sowie des Streichens der Schichten vielfach beeinflusst wird. Um nicht eine Mehrzahl von auf solchen z. Th. unzuverlässigen Factoren beruhenden, sich deshalb häufig sogar an ein und denselben Orte total widersprechenden Angaben mit einzelnen den Thatsachen vielleicht nahe kommenden Beobachtungen zu einem werthlosen, verwirrenden Durcheinander zu vermischen, ist von der Eintragung von Symbolen der angeblichen Stossrichtungen oder selbst des Azimuthes derselben in die unsere Beschreibung illustrirenden Kartenskizzen abgesehen worden.

Verfolg der seismischen Erscheinungen innerhalb der Erdbebenperiode vom 24. October bis zum 29. November 1897.

(Hierzu Tafel V bis IX.)

1. Erster Abschnitt: vom Nachmittage des 24. October bis zur Frühe des 29. October.

Am 24. October.

Im südlichsten, sich zwischen das Eibenstocker und Fichtelgebirgische Granitmassiv einschiebenden Theile des vogtländischen Schiefergebietes machen sich, wie aus Kottenhaide, Graslitz, Brambach und Rossbach gemeldet wird, am Nachmittag, am Abend und in der Nacht des 24. October mehrere schwache stossförmige Erschütterungen bemerklich, deren stärkste in Rossbach (südwestlich von Adorf) Nachts h. 11,50 verspürt wird. Sie bilden, wie sich zeigen wird, die Einleitung einer fünfwöchentlichen Schütterperiode (vergl. Taf. V).

Am 25. October.

In der Frühe, im Laufe des Vormittags und in den ersten Nachmittagsstunden des 25. October nehmen die Stösse an Zahl und Intensität zu, ohne dass sich das Schüttergebiet wesentlich erweitert, nur werden innerhalb desselben die Beobachtungspunkte zahlreicher. Erschütterungen werden ausser aus Brambach, sowie aus Graslitz und dem ihm benachbarten Untersachsenberg, Schwaderbach und Rothau auch aus dem nahe und ebenfalls noch in dem südvogtländischen Schiefergebirge liegenden Frankenhammer, Bleistadt und Asch gemeldet. Ihre Zahl und Kraft scheint in der Gegend von Brambach, einem Orte, der bisher schon bei allen vogtländischen, namentlich obervogtländischen Erdbeben eine hervorragende Rolle spielt, ihr Maximum zu erreichen. Hier beobachtete man in der Frühe bis zur Mittagszeit des 25. October:

am. h. 1 schwache Erschütterungen,
h. 3,17 zwei Erdstösse, von denen der zweite der stärkere ist, und Fenster klirren und Bilder schwanken macht;
h. 4,15
h. 6,30
h. 8,18 je einen Stoss,

h. 9,45 und
h. 10,35 je zwei Stösse
Mittags h. 12,30 einen Stoss.

Aus Graslitz berichtet man über mehrere stärkere Stösse zwischen h. 3 und h. 5 und h. 6,30 Vormittags, sowie gegen h. 1 und h. 2 Nachmittags, — aus Untersachsenberg über heftige Stösse h. 1, h. 4 und h. 7 am. und h. 12,45 Mittags, ferner aus den anderen, oben genannten Orten über wiederholte schwache Erschütterungen oder einzelne etwas stärkere Stösse, deren angeblicher Zeitpunkt aber nicht mit den bei Brambach oder Graslitz beobachteten übereinstimmt. Endlich liegen aus einigen in obigem Schüttergebiete zerstreuten Ortschaften Meldungen über einen gegen h. 4 pm. bemerkten Erdstoss vor.

Zu viel grösserer Energie steigern sich die seismischen Erscheinungen in dem Zeitraume zwischen h. 4,30 und h. 5 Nachmittags.

Etwa h. 4,30 pm. erfolgt eine starke Erschütterung, die sich an verschiedenen Orten aus mehreren, so in Brambach aus vier Stössen zusammensetzt, und darauf nach etwa 15 bis 20 Minuten, also ungefähr h. 4,45 oder h. 4,50, ein zweiter noch heftigerer Stoss. Zwischen beiden machen sich leise Erzitterungen und schwache Erbebungen z. Th. selbst im Freien bemerklich. Wie intensiv sich der letzte dieser Stösse äusserte, ergiebt sich daraus, dass in Graslitz und Untersachsenberg die Oefen schwankten und Risse bekamen und offenstehende Thüren heftig zuschlugen, dass in Schönbach Bilder an den Wänden in Pendelschwingungen gerathen, kleine Gegenstände herabfallen, allgemeine Bestürzung eintritt und viele Bewohner die Häuser verlassen. Auch in Brambach erbebt der Boden heftig und das begleitende donnernde Prasseln übertönt die Unterhaltung.

Mit diesem Stosse dürfte eine Erschütterung identisch sein, welche gegen h. 5 in Eger, Königsberg a. d. E., Wildstein, Schönberg und Neuberg bei Asch, sowie in Ellefeld bei Falkenstein, Eich bei Lengenfeld, an letzteren beiden, weit nach Norden vorgeschobenen Orten als schwaches Erzittern mit Donnerrollen verspürt wird.

Das Schüttergebiet[1]) dieser in die Zeit zwischen h. 4,30

---

1) Zur Orientirung über die Ausdehnung dieses Schüttergebietes sowie über die Lage der oben erwähnten Schütterpunkte kann die Karte auf Tafel VI dienen.

und gegen h. 5 Nachmittags fallenden heftigen Erdstösse vom seismischen Grade 4—5, sowie der sie verknüpfenden und ihnen etwa h. 4 vorausgehenden weit schwächeren Erbebungen umfasst zunächst das nämliche Areal, auf welchem sich die Erschütterungen im Laufe der vorhergegangenen Nacht und des Vormittags abspielten, jedoch hat sich dasselbe aus dem Schiefergebirge des oberen Vogtlandes nach Osten bis auf die Westflanke des Eibenstocker Granitmassivs, namentlich aber nach Süden bis an die Eger erweitert. Ebenso wie hier in den Städten Eger und Königsberg, so werden auch in zwei Orten nördlich von dem Haupterschütterungsgebiete, in Ellefeld und in Eich h. 2 und gegen h. 5 pm. seismische Erscheinungen und zwar schwache Erbebungen beobachtet, wahrscheinlich die nördlichsten Ausläufer der Erschütterungen, wenn es auch schwer verständlich bleibt, dass aus den zwischenliegenden Ortschaften, namentlich aus den Städten Falkenstein und Auerbach keinerlei derartige Erscheinungen gemeldet wurden.

Unter der Voraussetzung, dass die klaffenden Zwischenräume zwischen diesen südlichsten und nördlichsten Beobachtungspunkten und dem Haupterschütterungsgebiete auf der mangelhaften Berichterstattung über die dort jedenfalls nur sehr schwachen Erbebungen beruhen, würde das Schüttergebiet die Gestalt eines schlank elliptischen Streifens besitzen, dessen Längsachse von N nach S verläuft, zwischen Eger und Eich 55 km misst und der zwischen Asch im Westen und jenseits Bleistadt im Osten eine grösste Breite von 30 km erreicht.

Die Orte, aus denen die intensivsten, von lautem unterirdischen Donnern und Prasseln begleiteten Erschütterungen gemeldet werden, nämlich Untersachsenberg, Graslitz, Rothau, Schönbach und Brambach, liegen in einer das Schüttergebiet schräg, also in der Richtung SW—NO durchschneidenden Zone, welche sich während der ganzen Erdbebenperiode eine pleistoseismische Bedeutung bewahrt.

Ueber die Richtung der stoss- oder kurzwellenförmigen Bewegungen sind nur wenige Meldungen eingegangen und zwar aus Graslitz, Grünberg, Eibenberg, Rothau, Bleistadt, Schönberg am Kapellenberg und Brambach, denen zu Folge sich erstere in der Himmelsrichtung NW—SO, also rechtwinklig auf die SW—NO streichende pleistoseismische Zone vollzogen haben. In der derselben

angehörigen Stadt Graslitz werden ausserdem kurze, schlagartige Stösse von unten nach oben gemeldet.

Nachdem diese sich auf etwa eine halbe Stunde vertheilende Gruppe von z. Th. recht kräftigen Erderschütterungen einer nur local durch geringfügige Erbebungen unterbrochenen Ruhe Platz gemacht hat, erfolgt nach 30 bis 40 Minuten ein neuer stärkerer Stoss, der sich jedoch auf die oben erwähnte südwestlich streichende pleistoseismische Zone und zwar auf den Landstrich zwischen den Orten Schwaderbach, Graslitz, Schönbach, Fleissen und Schönberg am Kapellenberg beschränkt. Auch um h. 6,15 und h. 6,30, ferner um h. 7,30 und h. 8,15 werden an isolirten Punkten des Schüttergebietes Erdstösse gemeldet, bis etwa h. 9 Abends der erste Abschnitt der fünfwöchentlichen Erdbebenperiode in einer sehr kräftigen, sich weithin fortpflanzenden Erschütterung seinen seismischen Höhepunkt erreicht (vergl. Taf. V).

Der Zeitpunkt des Eintrittes derselben wird in 28 von 38 Zeitberichten als 9 Uhr oder einige Minuten vor oder nach 9 Uhr angegeben. Die übrigen Meldungen variiren aus den bereits mehrfach erörterten Gründen in noch weiteren Grenzen und vertheilen sich gesetzlos unter sich und zwischen den Beobachtungspunkten, an denen in weit vorwiegender Zahl die Zeit der Erschütterung auf etwa 9 Uhr geschätzt wird.

Das Schüttergebiet dieses Bebens (Tafel VI) greift nach NO und SW, namentlich aber nach W bis zur Linie Plauen—Rehau ziemlich weit über dasjenige der Erdstösse des nämlichen Nachmittags hinaus. Seine nord-südliche Achse erstreckt sich in einer Länge von fast 60 km von Schneidenbach und Stangengrün bei Reichenbach im Norden bis nach Eger im Süden, während seine von Neudeck über Graslitz und Markneukirchen verlaufende Ost-West-Achse eine Länge von 52 km besitzt.

Jedoch bezeichnet die durch Verbindung dieser und einer Anzahl anderer peripherisch gelegener Beobachtungspunkte erzielte Umrisslinie keinesfalls die äusserste Grenze des Schüttergebietes, vielmehr sind aus einigen, ausserhalb derselben, bis 100 km entfernt liegenden, später namhaft zu machenden Orten Meldungen über gleichzeitige schwache Erschütterungen eingegangen. Dieselben besitzen jedoch eine so isolirte Lage, dass es unthunlich ist, die gesammten, sich zwischen ihnen ausdehnenden Landstriche dem auf Grund sehr zahlreicher, einander ziemlich benachbarter

Beobachtungspunkte construirten Schüttergebiete kartographisch anzugliedern, doch repräsentiren dieselben zweifelsohne die Zone des peripherisch verklingenden Bebens.

Das letztere selbst äusserte sich an der über das ganze Erschütterungsareal vertheilten Mehrzahl der Beobachtungsorte in Form zweier heftiger Stösse, die in kurzem Zeitzwischenraume aufeinander folgten. Zwischen und nach denselben wurden ausserdem an mehreren Stellen noch leichtere Erzitterungen wahrgenommen, ja in Graslitz in rascher Folge noch 30 schwächere Erschütterungen gezählt.

Ueber die Richtung dieser Hauptstösse, die wiederholt als wellenförmig bezeichnet werden, liegt eine Anzahl von Nachrichten vor, welche, abgesehen von einigen mit denen aus Nachbarorten in directem Widerspruche stehenden Meldungen, ungezwungen auf die Gegend von Untersachsenberg als das ungefähre Centrum des Schüttergebietes hinweisen. So verliefen dieselben im SO von Untersachsenberg in Grünberg, Eibenberg, Graslitz, Rothau und Bleistadt in NW—SO-Richtung, — in der weiter südlich und südwestlich gelegenen Gegend von Fleissen, Haslau und Asch nach S und SW, — im nördlichen Theile des Schüttergebietes (Vogelsgrün, Rempesgrün, Reiboldsgrün) nach N und (Rodewisch) nach NO, — im westlichen Theile desselben in Plauen und ebenso in Bad Elster nach W, — strahlen also sämmtlich ungefähr von einem in der Nachbarschaft von Untersachsenberg gelegenen Areale aus. Jedoch macht sich dort eine Dislocation, auf welcher die Ausgangsstelle dieses Bebens gesucht werden könnte, nirgends bemerklich. Selbst die geologische Specialkarte jener Gegend (Section Zwota der geolog. Karte von Sachsen, 1 : 25,000) zeigt innerhalb desselben keinerlei Verwerfungen.

In dem oben umgrenzten Schüttergebiete äusserten sich die Erdbebenerscheinungen in sehr verschiedener Intensität, am heftigsten in folgenden von N nach S aufgezählten Orten: Auerbach, Ellefeld, Falkenstein, Hammerbrück, Untersachsenberg, Klingenthal, Graslitz, Rothau, Markneukirchen, Bad Elster, Schönbach, Brambach, Schönberg a. Kap. und Wildstein. Von diesen pleistoseismischen Punkten werden als Aeusserungen des abendlichen Hauptbebens geschildert: Erzittern und Schwanken von Gebäuden, Möbeln und Oefen, Aufspringen oder Zuschlagen von Thüren, Umfallen kleinerer Gegenstände, Prasseln und Knistern in den

Balken, Klirren der Fenster, Gläser und des Geschirres, Aufflackern der Lampen, Pendeln der Hängelampen und Bilder, Rütteln, Auf- und Abschwanken der Betten, so dass Schlafende erwachen, — lauter von unterirdischem Donnern und Rasseln begleitete, beängstigende Erscheinungen, in Folge deren an einigen Orten allgemeine Bestürzung eintritt und manche das Haus verlassen, in Graslitz sogar „Alles auf die Strasse flieht". Die Schütterstärke erreicht in diesem Landstriche den seismischen Grad 5, local (so in der Gegend von Graslitz) wohl sogar Grad 6.

Wenn alle Punkte dieser Schütterstärke sich, wie gesagt, auf das Areal des nachmittäglichen Bebens beschränken, so scheint hiervon der einige Kilometer weiter östlich gelegene Ort Hirschenstand eine Ausnahme zu machen, von dem berichtet wird, dass ein klafterartig aufgeschichteter Holzstoss durch den h. 9 erfolgten Erdstoss theilweise umgeworfen worden sei.

Zahlreiche Meldungen aus anderen, jedoch meist zwischen den oben aufgezählten zerstreut liegenden Ortschaften sprechen nur von einem starken Erdstosse, verbunden mit dem Klirren der Fenster und Gläser und dem Schwanken aufgehängter Gegenstände, gehören aber sämmtlich ebenfalls dem pleistoseismischen Schüttergebiete an.

Ausserhalb dieses letzteren und zwar in Stangengrün im N, ferner in Plauen und Rosenberg im NW, endlich in dem nach SW vorgeschobenen Rehau und Liebenstein äussert sich das Beben in viel schwächerem Grade als leichte mit Donner verbundene Erzitterung.

Und doch bezeichnen auch diese anscheinend schwächsten Ausläufer der vogtländischen Erdstösse bei Weitem noch nicht die äusserste Grenze deren seismischer Einwirkung. So macht sich dieselbe in den weit im Westen liegenden Dörfern Göttengrün, Töpen, Seubtendorf und Frössen unweit Gefell und Lobenstein nur noch als blosses unterirdisches Rollen ohne jede merkliche Erschütterung bemerklich. Doch wiederholt sich auch hier diese Erscheinung in kurzem Zeitzwischenraume ebenso wie die heftigen Stösse im Hauptschüttergebiet zweimal. So werden ferner in Kaaden, welches gegen 50 km östlich von der Grenze des geschlossenen Schüttergebietes gelegen ist, schwache Erschütterungen beobachtet, während über solche aus den zwischenliegenden Städten Schlackenwerth und Klösterle nicht berichtet worden ist. Auch

in Oedhaus bei Sandau, etwa 15 km südöstlich von Eger, wurden leichte Erbebungen verspürt. Im höchsten Grade auffällig ist es jedoch, dass die beiden etwa 9 Uhr Abends vom Vogtlande ausgegangenen wellenförmigen Stösse sich noch in Tharandt bei Dresden, also in etwa 100 km nordöstlicher Entfernung von jenem bemerklich gemacht haben, ohne dass aus irgend einer der auf diese weite Erstreckung vertheilten Städte und Ortschaften auch nur über eine einzige einschlägige Beobachtung berichtet worden wäre. Seine dortigen durch aussergewöhnliche Umstände begünstigten Wahrnehmungen beschreibt Herr Lehmann in Tharandt wie folgt: „Ganz allein im Hause hörte ich bei der absoluten Stille, die hier zur Nachtzeit herrschte, gegen 9 Uhr plötzlich das Geschirr auf dem Schenktisch etwa 5 Secunden lang leise an einander klirren. Kurz nach 9 Uhr wiederholte sich das nämliche Erzittern."

Nach dem geschilderten, sich vom 24. bis zum 25. October im vogtländischen Schüttergebiete abspielenden, in dem Beben von 9 Uhr Abends gipfelnden Crescendo der seismischen Erscheinungen erfolgt nun ein rasches Nachlassen derselben. In dem Zeitraume von kurz nach 9 Uhr Abends bis nach Mitternacht des 25. October machen sich nur an einigen isolirten Orten des ersteren und zwar wiederum innerhalb der bisherigen pleistoseismischen SW—NO-Zone, nämlich in Rothau bei Graslitz, Schönbach, Fleissen, Asch und Neuberg meist nur schwache, z. Th. stossartige Erbebungen bemerklich.

Am 26. October

nehmen die Erschütterungen sowohl an Zahl wie an Stärke wieder etwas zu. Ueber solche wird aus 18 Orten berichtet, die sich der Mehrzahl nach auf das kleinere Schüttergebiet des vorigen Nachmittags (Seite 33) beschränken und nur an vier Beobachtungspunkten in das grosse Schütterareal des letzten Abends h. 9 sich vorschieben (Schönhaide, Rossbach, Liebenstein und Frössen), von denen der eine, nämlich Frössen, sogar mit dem westlichsten Grenzorte dieses Schüttergebietes zusammenfällt.

Diese Einzelbeobachtungen vertheilen sich auf fast jede Stunde des 26. October, ohne zeitlich zusammen zu fallen, so dass sie wohl

auf locale Nachwirkungen der vorhergegangenen Hauptstösse zurück zu führen sein mögen.

Die Intensität dieser Erschütterungen ist nur in Brambach und Graslitz, zwei pleistoseismischen Orten der gestrigen Erdbeben, eine beträchtlichere. So liegen aus Brambach nachstehende Berichte vor. Bereits Nachts h. 12,30 fanden zwei heftige Stösse statt; ihnen folgten am. h. 11, ferner pm. h. 4, h. 5,2 und h. 9,30 ebenfalls ziemlich kräftige Stösse sowie zahlreiche schwache, aber doch noch das Klirren der Gläser und Schwanken der Bilder hervorrufende Erschütterungen. In Graslitz wurden am. h. 5,1, h. 5,14 und pm. h. 6,26, h. 6,55, h. 7,9, h. 9,11 Erdstösse verspürt.

Am 27. October

erfolgten nur wenige und schwache Erschütterungen, die sich wiederum auf die beiden eben genannten Orte Brambach und Graslitz nebst dem benachbarten Rothau, Kottenhaide und Zwota concentriren, während aus dem übrigen bisherigen Schüttergebiete keine einzige Meldung vorliegt.

28. October und Nacht zum 29. October.

Mit zwei in der Frühe des 28. October h. 1 in Brambach rasch auf einander folgenden Stössen, — mit je einem am. h. 3 und pm. h. 10,20 in Graslitz stattfindenden Stosse, ferner mit einigen schwachen Erschütterungen, die sich in der Nacht zum 29. Oct. und in der Frühe dieses Tages zwischen h. 1,40 und h. 6,30 in Graslitz, Schöneck, Brambach, Schönberg a. Kap. und Asch bemerklich machen, schliesst der erste Abschnitt der 37tägigen Erdbebenperiode ab. Brambach und Graslitz repräsentiren somit die beiden Hauptorte sowohl des sich am 24. October durch schwache Stösse ankündigenden, wie des am 28. verklingenden Erdbebens und bezeichnen zugleich nahezu die Endpunkte der pleistoseismischen SW—NO-Zone dieser 6tägigen Schütterperiode.

2. Zweiter Abschnitt: vom Abend des 29. October bis zum 3. November.

Am 29. und 30. October.

Nach einer nur in der Graslitzer Gegend durch einige wenige und schwache Stösse und Erzitterungen unterbrochenen, fast 12stündigen Ruhe beginnen am Abend des 29. October etwa

20 bis 30 Minuten nach 6 Uhr die Erbebungen von Neuem und zwar wiederum in Graslitz, dem nahen Untersachsenberg und Rothau mit einem ziemlich starken Stosse, an welchen sich eine Anzahl schwacher Erschütterungen anschliesst, bis einige Minuten vor 8 Uhr ein besonders heftiger Stoss erfolgt, um eine etwa 12stündige Periode heftigster seismischer Thätigkeit einzuleiten.

Die Zeitangaben über den Eintritt dieses ersten Hauptstosses schwanken wie gewöhnlich und bewegen sich diesmal zwischen h. 7,45 und h. 7,52.

Der Intensität desselben, auf welchen local noch ein zweiter weniger starker folgt, entspricht die Grösse seines Schüttergebietes (Tafel VII), welches dasjenige des Hauptstosses vom 25. October Abends h. 9 an Ausdehnung noch übertrifft. Dasselbe umfasst nicht nur das frühere Areal mit den Städten Lengenfeld, Plauen, Auerbach, Falkenstein, Oelsnitz, Schöneck, Klingenthal, Adorf, Markneukirchen, Graslitz, Schönbach, Bleistadt, Asch und Eger, sondern erstreckt sich in nordöstlicher, südöstlicher und südlicher Richtung noch weit über dasselbe hinaus. So pflanzte sich die Erschütterung von ihrem vogtländischen Ursprungsgebiete nach NO bis jenseits Schneeberg und Zschorlau fort, ja macht sich selbst noch bei Brand-Freiberg in 60 km nordöstlicher Entfernung von letztgenannten Orten bemerklich. Sie erreicht im SO und S Karlsbad, Elbogen, Falkenau und Königsberg, sowie Lauterbach im Kaiserwalde und breitet sich jenseits der Stadt Eger und ihrer Nachbarorte Treunitz und Gassnitz über den Bezirk Plan und den nordwestlichen Ausläufer des Böhmerwaldes (Neumugl) bis zu dem noch 50 km südsüdöstlich von Eger am Böhmerwalde gelegenen Pfraumberg aus. Endlich wird dieselbe, wie v. Gümbel berichtet, auch „in einigen Orten des Fichtelgebirges“ verspürt. Die Luftlinie von hier über Graslitz nach dem am weitesten nach NO orgeschobenen Beobachtungsorte dieser Erderschütterung, also nach Brand-Freiberg, misst etwa 120 km, die N—S-Linie, welche Weissbach im Erzgebirge mit Pfraumberg am Böhmerwalde verbindet, etwa 110 km. Freilich liegen, wie bereits bemerkt, Freiberg, Neumugl und Pfraumberg, sowie Göttengrün und Töpen bei Gefell weit ausserhalb des viel enger begrenzten, durch ein dichtes Netz von Beobachtungspunkten gedeckten Schüttergebietes, so dass die letztgenannten Orte von dessen Peripherie durch breite Landstriche

getrennt werden, aus denen seismische Meldungen nicht eingegangen sind.

Im Bereiche des inneren, geschlossenen Schüttergebietes äusserte sich die Erderschütterung am intensivsten wiederum in Klingenthal, Untersachsenberg, Grünberg, Eibenberg, Graslitz und den dieser Stadt benachbarten Orten Rothau und Hochgarth, sowie in Schindelwald und Fribus, ferner in Falkenstein und Ellefeld, endlich in Erlbach, Adorf, Bad Elster, Brambach, Fleissen und Schönberg am Kap., wo sie den seismischen Grad 5—6 erreicht. Diese Orte gehören sämmtlich zugleich auch dem pleistoseismischen Gebiete des Bebens vom Abend des 25. October an.

Aus der grossen Mehrzahl der über das übrige Schütterareal vertheilten Beobachtungspunkte werden die Erdbebenerscheinungen als derartig geschildert, wie sie für den seismischen Grad 4 oder auch 4—5 charakteristisch sind. Doch hält es bisweilen schwer, zwischen ihnen und den die Stärke des Grades 5—6 erreichenden pleistoseismischen Aeusserungen eine Grenze zu ziehen, da einerseits die zwischen beiden Gruppen vermittelnden Intensitäten nicht fehlen können, anderseits die der Beurtheilung zu Grunde liegenden Berichte zu sehr von der grösseren oder geringeren Empfindsamkeit des Berichterstatters und von Zufälligkeiten bei der Beobachtung beeinflusst werden. Jedenfalls aber sind seismische Erscheinungen vom Stärkegrade 4 und 4—5 über das gesammte auf Tafel VII farbig abgehobene Schüttergebiet zerstreut, ja eine grössere Anzahl von Orten dieser Gruppe liegt direct an der von uns auf Grund der eingegangenen Berichte construirten Grenze. Diese würde sich deshalb sicherlich noch weiter nach aussen verschieben, wenn nicht von dort die zu ihrer Erweiterung erforderlichen Beobachtungen fehlten, — in ihrer gegenwärtigen Lage dürfte sie nur das innere intensivere Schüttergebiet des Erdstosses umrahmen.

Wie weit sich aber dieser vogtländische Erdstoss vom Abend des 29. October fortpflanzte, beweisen die isolirten Meldungen aus dem Fichtelgebirge und dem Böhmerwalde (Pfraumberg), namentlich aber eine in der Grube Himmelsfürst bei Brand-Freiberg beobachtete Erscheinung, über welche Herr Oberbergdirektor Fischer Herrn Prof. Dr. Beck in Freiberg berichtete. Danach hörten die im östlichen Felde dieser Grube in einer Tiefe von 350 m beschäftigten Häuer wenige Minuten vor 8 Uhr, also zu

einer dem vogtländischen Beben entsprechenden Zeit, unvermittelt ein rollendes Tosen sich erheben, einige Zeit anhalten und dann wieder verklingen, ohne dass bergbauliche Vorkommnisse zu demselben Veranlassung gegeben hätten. Diese Beobachtung erinnert lebhaft an die in derselben Grube am 3. November 1896 gemachten Wahrnehmungen (siehe S. 25). In beiden Fällen offenbarten sich hier noch die nach aussen verklingenden Nachwirkungen von an weit entfernten Stellen stattgehabten Erdstössen unter der Gunst der in der Tiefe der Bergwerke herrschenden Stille.

Die beschriebene heftige Erschütterung eröffnet eine Periode von Stössen, die sich während der ganzen Nacht des 29. bis in die Frühe des 30. October gegen 9 Uhr fast in dem gesammten Schüttergebiete des am Abend h. 7,50 vorausgegangenen Stosses abspielen und nur dessen südlichste und südöstliche Randzone, also den Landstrich von Liebenstein-Haslau über Eger, Falkenau und Elbogen bis Karlsbad unberührt lassen. Dahingegen ziehen sie die Gegend bis Zwickau im Norden und im Nordwesten diejenige bis Annaberg in Mitleidenschaft, wenn auch diese Landstriche nicht mehr dem inneren, intensiveren Schütterareale, sondern dessen Umrahmungszone angehören.

Innerhalb des vogtländischen Haupterschütterungsgebietes folgen stärkere und schwächere Stösse, verbunden mit Erzitterungen und unterirdischem Rollen und Krachen, zeitweilig so rasch auf einander und werden von oft nahe bei einander gelegenen Orten mit so geringer Zeitübereinstimmung gemeldet, dass die Identificirung der Mehrzahl der Einzelstösse nicht mehr möglich ist. Vielmehr mögen die meisten derselben von selbständigen Stosspunkten ausgehende Localerschütterungen repräsentiren, die durch die vorherigen heftigen Stösse ausgelöst wurden.

Ein Bild der Vorgänge während dieser seismischen Periode erhält man durch nachstehende Beispiele.

Aus Untersachsenberg wird die Nacht vom 29. zum 30. October wie folgt geschildert: „Am 29. October Abends 7 Uhr 45 Min. trat das Erdbeben mit erneuter Gewalt auf. Zwei gewaltige Stösse erschütterten die Erde, die Häuser erbebten, die Erde erzitterte Secunden lang. Das die Stösse begleitende Geräusch war so stark, dass man zwei hinter einander abgegebene Kanonenschüsse zu hören glaubte. Ueberall herrschte Angst und Schrecken. Die Erdstösse dauerten die ganze Nacht hindurch an

und erreichten in der Zeit von 2 Uhr 45 Min. bis 4 Uhr früh eine solche Stärke, dass an Schlaf nicht zu denken war. Wie bei schwerem Gewitter stand man allgemein auf. In kurzen Zwischenräumen wiederholten sich unheimliche Stösse und in diesem Augenblicke, h. 8,30, ertönt wieder das dumpfe Geräusch unter meinen Füssen und die Lampe über dem Schreibtische schwankt minutenlang hin und her.“

In Klingenthal unweit südlich von Untersachsenberg folgte auf den heftigen Hauptstoss h. 7,45 pm. zunächst h. 9,30 ein ziemlich starker Stoss, bis sich von h. 1,30 bis h. 6 am. stärkere und schwächere Stösse bald zu dreien oder vieren binnen wenig Secunden, bald einzeln in Zwischenräumen von 10—15 Minuten an einander reihten. Dabei befanden sich die Betten fortwährend im Schwanken und, wie es z. Th. schien, in drehender, Kopfschmerz erregender Schwingung. Die ganze Nacht hindurch erscholl unterirdisches Rollen und Donnern; auf der Strasse klang es, als ob in allen Häusern die Möbel gerückt würden.

Aus Graslitz schreibt man: „Abends h. 7,50 erfolgte hier ein gewaltiger Stoss, der alle Gebäude in den Grundfesten erzittern liess. Er kündigte sich durch mächtiges immermehr verstärkendes Rollen an, das in einem dem Kanonendonner vergleichbaren Schlage endete. Der Stoss war so stark, dass ein grosser Theil der Bevölkerung auf die Gassen stürzte und namentlich Frauen und Kinder von grosser Angst befallen wurden. In den zwischen Untersachsenberg und Graslitz gelegenen Orten Eibenberg und Grünberg besass dieser Stoss solche Stärke, dass Töpfe vom Kochheerde stürzten. Von da an folgten die ganze Nacht hindurch beinah ununterbrochen Stösse von verschiedener Stärke. Seinen Höhepunkt erreichte das auf den Hauptstoss folgende Erdbeben h. 2,45 nach Mitternacht. Um diese Zeit wurde der grösste Theil der Bevölkerung durch zwei gewaltige Stösse geweckt. Von jetzt an hörte das unterirdische Rollen und Stossen beinah nicht mehr auf.“ Will man doch in Graslitz in dem Zeitraume von 2 bis 6 Uhr früh 60, nach Anderen sogar 150 Erdstösse gezählt haben.

Ueber die von Herrn Dr. BÄUML in Graslitz beobachtete und registrirte Reihenfolge, den Zeitpunkt und die Stärke aller dieser Stösse verdanken wir demselben nachstehende Zusammenstellung:

am Abend des 29. October

h. **7,50 sehr starker Stoss,** bis h. 8,40 schwache Stösse;
h. 8,40 starker Stoss, — h. 8,48 starker Stoss,
h. 9,3, — h. 9,4, — h. 9,7, — h. 9,10, — h. 9,13, — h. 9,20 schwache Stösse, — h. 9,28 starker Stoss, — h. 9,32, — h. 9,36, — h. 9,37, — h. 9,38, — h. 9,39, — h. 9,41 schwache Stösse, — h. 9,45 starker Stoss,
h. 10,12 mehrere schwache Stösse,
h. 11,29 starker Stoss;

in der Frühe des 30. October

h. **2,45 zwei sehr starke Stösse,** darauf zwei leichte, — h. 2,55 starker, 10 Secunden langer Stoss, — h. 2,56 und h. 2,57 schwache Stösse;
h. 3, — h. 3,5, — h. 3,10, — h. 3,12 schwache Stösse, — h. 3,13 starker Stoss, — h. 3,15, — h. 3,16, — h. 3,18, — h. 3,19, — h. 3,20, — h. 3,25, — h. 3,27 schwache Stösse, — h. 3,30 etwas stärkerer, 12 Secunden dauernder Stoss, — h. 3,31, — h. 3,35, — h. 3,37, — h. 3,38 schwache Stösse, — h. 3,40, — h. 3,45 etwas stärkere Stösse, — h. 3,50 schwacher Stoss;
h. 4 starker Stoss, — h. 4,1 und h. 4,2 schwächere Stösse, — h. **4,3 sehr starker, über 10 Secunden dauernder Stoss,** — h. 4,5 starker Stoss, — h. 4,8 schwacher Stoss, — h. 4,10 starker Stoss, — h. 4,11, — h. 4,12 und h. 4,15 ziemlich starke Stösse, — h. 4,17, — h. 4,20, — h. 4,21 schwache Stösse, — h. 4,22 und h. 4,25 stärkere Stösse, — h. 4,26 schwacher Stoss, — h. 4,30 starker Stoss, — h. 4,31, — h. 4,32, — h. 4,33, — h. 4,34, — h. 4,36 schwache Stösse, — h. 4,40 starker Stoss — h. 4,50, — h. 4,52, — h. 4,58 schwache Stösse;
h. 5 drei starke Stösse hinter einander, — h. 5,2, — h. 5,3, — h. 5,4, — h. 5,5, — h. 5,6, — h. 5,7, — h. 5,9, — h. 5, 12, — h. 5,13 schwache Stösse, — h. **5,15 sehr starker Stoss,** — h. 5,16, — h. 5,17, — h. 5,18, — h. 5,20, — h. 5,21 schwache Stösse, — h. 5,30 starker Stoss, — h. 5,31, — h. 5,33, — h. 5,35, schwache Stösse, — h. 5,36, — h. 5,45, — h. 5,47 starke Stösse, — h. 5,49, — h. 5,50, — h. 5,51 schwache Stösse, — h. **5,54 sehr starker Stoss,** — h. 5,55 und h. 5,58,

h. 6, — h. 6,2, — h. 6,7, — h. 6,10 schwache Stösse;
h. 7 schwacher Stoss;
h. 8,37 und h. 8,42 **starke Stösse.**

„Einige dieser Erschütterungen waren derartig stark, dass die Häuser in ihren Grundfesten erzitterten. Die Fenster klirrten, Mörtel fiel von den Wänden, an den Wänden aufgehängte Gegenstände schwankten oder schlugen an die Wand, — einige stürzten auch herab. Einzelne ängstliche Personen sind von Graslitz abgereist."

In Erlbach östlich von Markneukirchen zählte man in der Frühe des 30. October in der Zeit von 2 bis 3 Uhr 25 Stösse, von 4 bis 7 Uhr 83 Stösse, unter denen diejenigen von h. 4, h. 4,15 und h. 5 von erschreckender Heftigkeit waren, — in Adorf während der Nacht über 40 Erdstösse, begleitet von einem continuirlichen unterirdischen Gewitter. Ebenso folgten in Rossbach westlich von Adorf dem Hauptstosse des 29. October Abends h. 7,45 sechs, dann bis h. 6 des nächsten Morgens 26 verschieden starke Stösse, davon 11 kurz nach h. 3, ferner bald nach h. 6 fünf und endlich h. 8,35 mehrere Stösse, deren heftigster Klappern und Klirren der Fenster und des Geschirres, Schwanken des Bodens, Zuschlagen offen stehender Thüren bewirkte. Auch in Schönberg a. Kap., nahe der Südgrenze des nächtlichen Erschütterungsgebietes erfolgte während jener Nacht, namentlich aber zwischen h. 4 und h. 6 Morgens Stoss auf Stoss.

Aus dem in entgegengesetzter Richtung, nämlich 20 km nordnordwestlich von Graslitz gelegenen Ellefeld bei Falkenstein berichtet man: „Es war Abends 7 Uhr 47 Min., als es wie rollender Donner herankam und nach einem furchtbaren Stosse wieder verschwand. Thüren sprangen auf, Fenster klirrten und das Geschirr in den Schränken wurde durcheinander geworfen, Schränke, Kommoden, Tische, selbst schwere Klaviere schwankten. Die Vögel in den Käfigen wurden aufgeschreckt und flatterten unruhig hin und her, der Menschen bemächtigte sich ein unheimlich beängstigendes Gefühl. Nachts zwischen 2 und 4 Uhr erfolgten unausgesetzt heftige Stösse, desgleichen Morgens 5 Uhr 50 Min., ferner 6 Uhr 3 Min. und endlich zwischen 8 und 9 Uhr."

Auch in Plauen wurden im Gefolge des am Abend h. 7,45 stattfindenden Stosses während der Nacht und zwar namentlich h. 2,30 und h. 5 früh Erschütterungen von grösserer Heftigkeit verspürt.

Aus der Gesammtheit der vorliegenden Berichte ergiebt es sich, dass der Höhepunkt der dem ersten Hauptstosse h. 7,50 des 29. October folgenden, wohl keine Stunde der Nacht zum 30. October völlig aussetzenden seismischen Erscheinungen in dem Zeitraume zwischen h. 2,30 und h. 6 am Morgen des 30. October liegt, wo die heftigsten Stösse des pleistoseismischen Gebietes den Stärkegrad 6 erreichten.

Wenn sich nun auch die oben aufgezählten, bis auf Plauen pleistoseismischen Beobachtungspunkte auf einen ungefähr centralen Theil des Erschütterungsgebietes vertheilen, so darf man doch aus der hochgradigen Intensität der Hauptstösse und ihrer Folgeerscheinungen wiederum auf die Gegend von Untersachsenberg-Klingenthal-Graslitz als den Ausgangsort der Gesammtheit dieser nächtlichen Beben schliessen. Jedoch scheint es, als ob von ihm aus oder gleichzeitig mit ihm auch jene von Untersachsenberg-Graslitz südwestlich nach Brambach-Schönberg und nordwestlich nach Falkenstein streichende Schütterzone in seismogenetische Thätigkeit getreten wäre, von welcher Zone seit Beginn der herbstlichen Erdbebenperiode an bis, wie wir zeigen werden, zu deren Ende die Stösse ausgingen oder auf welche sich die schwächeren Erschütterungen beschränkten.

Ebenso rasch, wie sich die seismischen Erscheinungen am Abend des 29. October zu der Intensität des Stosses h. 7,50 und der sich während der Nacht zum 30. October anschliessenden heftigen Schütterperiode steigerten, nehmen dieselben am Morgen des letztgenannten Tages wieder ab, ja würden von etwa 9 Uhr Vormittags an fast ganz erloschen zu sein scheinen, wenn nicht diese Ruhe im Laufe des Tages an ganz vereinzelten Orten des bisherigen Schüttergebietes Mittags (so h. 12,45 in Wildstein), Nachmittags und Abends (so h. 3 in Brambach, h. 5,30 in Rothau, h. 7,30 in Plauen, h. 8,25 und h. 8,30 in Rothau, h. 10 in Stangengrün) durch schwache Erschütterungen gestört worden wäre. Namentlich aber wiederholen sich in Graslitz leichtere Erdstösse Mittags h. 12,6 und h. 12,10, ferner h. 1,15, — h. 5,15 und h. 10,30 pm.

31. October.

Noch grössere Ruhe herrscht während des 31. October. Im Verlaufe dieses Tages ist es fast ausschliesslich die Stadt Graslitz,

in welcher schwache Stösse verspürt werden, so in der Frühe h. 1,40, — h. 2,30, — h. 2,45 (zwei stärkere Stösse), — h. 3, — h. 6—7 (mehrere leichte Erschütterungen), — Nachmittags h. 1—3 (wiederholtes Erzittern) und h. 6,29, sowie Nachts h. 9,20 und h. 11,58.

1. November.

Zu etwas grösserer Lebhaftigkeit steigern sich die seismischen Vorgänge in der Frühe des 1. November. Der Hauptschauplatz derselben concentrirt sich zwar wiederum auf Graslitz und dessen Nachbarschaft, doch äussern sich einige der dort wahrgenommenen Stösse auch an mehreren in weiterer Entfernung gelegenen Orten.

In Graslitz wurden am 1. November folgende Stösse registrirt:

Nachts h. 12,25, — h. 12,59;
h. 1,5, — h. 1,14, — h. 1,59;
h. 2,2, — h. 2,12, — h. 2,30;
h. 3,5 3 Stösse rasch hinter einander, — h. 3,26, — h. 3,49, — h. 3,50;
Vormittags h. 8,14.

In dem benachbarten Rothau wiederholte sich zwischen h. 2 und 3 Nachts öfters unterirdisches Rollen, h. 3 erfolgte ein heftiger Stoss, dem sich bis h. 3,30 unterirdische Donner anschlossen. In Falkenstein wurden gegen 4 Uhr Morgens mehrere Erdstösse verspürt. In Brambach erfolgte kurz vor h. 3 und h. 3,45 früh je ein starker Stoss. Auch an der südwestlichen und südlichen Peripherie des früheren Schüttergebietes, in Neuberg, Asch und Haslau, sowie in Königsberg a. Eg. machten sich in der Frühe des 1. November einige meist schwache Erschütterungen bemerklich.

Von Mittags an tritt eine vollständige Pause in den makroseismischen Vorgängen ein.

2. November.

Diese Ruhe wird am 2. November und zwar wiederum kurz nach Mitternacht in Graslitz und in Brambach durch einen kräftigen Erdstoss unterbrochen. In Markneukirchen folgt auf einige schwächere Erschütterungen h. 2,30 am. ein so heftiger Stoss, dass Schläfer erweckt und zur Seite geschoben werden. In Reumtengrün bei Auerbach findet h. 3 am. ein starker Stoss

statt, der die Balken der Häuser zum Knistern bringt. Auch aus dem weit im SW gelegenen Asch werden von h. 1,25, — h. 1,35 und h. 3 am. Erschütterungen gemeldet. Die übrige Tageszeit des 2. November verläuft bis auf einige sehr schwache Erbebungen in Graslitz ruhig.

Gleiches gilt von der Nacht zum 3. November und von dessen Vormittag, so dass die seismischen Vorgänge ihre Endschaft gefunden zu haben scheinen, in der That aber, wie sich zeigen wird, nur durch eine fast 1 ½ tägige Ruhepause unterbrochen sind (vergl. Tafel V).

3. Dritter Abschnitt:
vom Nachmittag des 3. November bis zum 14. November.

3. November.

Nachmittags etwa h. 5,45 beginnt die seismische Thätigkeit von Neuem und zwar mit einem Stosse in Graslitz und Rothau, mit zwei direct hinter einander folgenden Stössen in Brambach und einem heftigen Stosse in Schönberg a. Kap. Hier und in Falkenstein und seinen Nachbarorten, sowie in dem 14 km weiter östlich gelegenen Morgenröthe wiederholt sich die nämliche Erscheinung h. 6,30 Abends.

4. November.

Die Erdstösse vom 4. November vertheilen sich auf den ganzen Tag, beschränken sich aber, soweit die eingegangenen Berichte reichen, wiederum auf die Orte Graslitz und das benachbarte Rothau, sowie auf Brambach. So wird aus Graslitz über folgende Stösse berichtet:

am. h. 1,25;
h. 4,30;
h. 10,38 und h. 10,45;
pm. h. 2;
h. 7,45, — h. 7,48, — h. 7,49, zwischen diesen 3 Stössen leichte Erbebungen.
h. 8,10, — h. 8,45 (starker Stoss);
h. 9,16, — h. 9,45 (starker Stoss);
h. 11,30.

Von diesen Stössen werden in Rothau verspürt diejenigen h. 10,45 am., h. 7,48 (zwei schwache Stösse), h. 8,10 und h. 9,20 pm.

In Brambach erfolgten mit Erzitterungen verbundene Stösse am. h. 10,45, pm. h. 1,45, — h. 2, — h. 5,40.

5. November.

Auch an diesem Tage bleiben Graslitz nebst Rothau sowie Brambach die fast einzigen Erschütterungsorte, denen sich nur noch Schönberg a. Kap. und in minimalem Grade Wildstein, Bleistadt und Liebenstein zugesellen. In Graslitz fanden Stösse statt: am. h. 12,40, — h. 1,20 (zwei starke Stösse), — h. 5, — h. 11,35; — sowie pm. h. 2,30, — h. 5, — h. 9,45. An diesen letzten Stoss reihten sich während der ganzen Nacht bis in die Frühe des 6. November zahlreiche schwache Erschütterungen an.

Auch in Schönberg spielten sich stärkere und schwächere Stösse von Abends 7 Uhr bis zum nächstfolgenden Morgen ab, von denen, wie in Graslitz und Rothau, derjenige h. 9,45 der stärkste war. Letzteres gilt auch von Brambach, wo ausserdem noch Mittags h. 12,30 und h. 2,40 Erschütterungen bemerkt wurden. In Bleistadt wird nur eine einzige Erbebung und zwar am. h. 5 beobachtet, ebenso in Liebenstein Abends nach 9 Uhr, während sich in Wildstein im Laufe des Abends und der Nacht mehrere schwache Stösse bemerklich machen.

6. November.

Eine etwas energischere seismische Thätigkeit macht sich in der Frühe des 6. November zwischen 5 und 6 Uhr geltend, aus welcher Stunde nicht nur aus Graslitz, sowie aus Rothau, Frankenhammer, Erlbach und Bleistadt, sondern auch aus Brambach, Schönberg a. Kap. und Liebenstein, aus letzterem Orte sogar über wiederholte stärkere Stösse berichtet wird. Auch h. 2, — h. 2,15 sowie h. 4,45 pm. erfolgen schwächere Beben in Graslitz. Dasselbe bleibt auch während des übrigen Tages der Hauptsitz der sich anreihenden Erschütterungen. Schwache, zuweilen auch etwas stärkere Erbebungen und unterirdisches Rollen äussern sich dort besonders am Abend dieses Tages, sowie in der Nacht zum 7. November. Namentlich erlangen dort die Stösse zwischen 6 und 7 Uhr Abends (h. 6,15, — h. 6,45), zwischen 8 und 9 Uhr (h. 8,36, — h. 8,45), und zwischen 10 und 11 Uhr Nachts (h. 10, — h. 10,30, — h. 10,50) grössere Heftigkeit.

Zu den nämlichen Zeiten werden Abends h. 6—7 in Franken-

hammer, Auerbach, Markneukirchen und Asch, — h. 8—9 in Auerbach, Ellefeld, Rothau, Wildstein und Bleistadt, — h. 10—11 in Ellefeld, Markneukirchen und Rothau Erderschütterungen bemerkt.

Immer sind es die nämlichen Striche, auf die sich, wie bereits S. 45 hervorgehoben, die sich vermindernde oder wieder auflebende seismische Thätigkeit beschränkt.

7. November.

Die Erbebungen setzen sich in Graslitz bis in die Frühe des 7. November fort. Während derselben registrirt Herr Dr. Bäuml folgende Erdstösse:

am. h. 2,7, — h. 2,30;
h. 3, — h. 3,26, — h. 3,33;
h. 4,5, — h. 4,15, — h. 4,23, — h. 4,51.

Gleichzeitig mit den Stössen von h. 2,7 und h. 3 werden nicht nur in der Nachbarschaft von Graslitz, sondern selbst ganz isolirt an den weitentfernten Orten Asch und Franzensbad, ja selbst in Böhmisch-Wiesenthal schwache Erschütterungen verspürt. Auch h. 4,30, — h. 4,40 und h. 4,45 am. macht sich in Auerbach, Markneukirchen und Asch je eine Erschütterung bemerklich.

Auf diese verhältnissmässig geringfügigen stossförmigen Erbebungen während der Nacht vom 6. zum 7. November erfolgt nun ganz plötzlich und zwar in Graslitz früh 4 Uhr 58 Min. mitteleuropäischer Zeit ein gewaltiger Erdstoss, — einer der intensivsten der gesammten Erdbebenperiode (Tafel VIII).

Seiner Stärke entspricht die Ausdehnung seines Schüttergebietes, welches weit über diejenigen der früheren Erdstösse, selbst noch derer vom 29. und 30. October übergreift. Dasselbe erstreckt sich über das Vogtland, Elstergebirge und angrenzende südwestliche Theile des Erzgebirges nach N über Kirchberg, Schneeberg und Neustädtel bis jenseits der Zwickauer Mulde, — nach NO das Erzgebirge entlang über Johanngeorgenstadt und Platten bis jenseits Ehrenfriedersdorf, Annaberg, Arnsfeld, Weipert und Pressnitz, — nach O den böhmischen Absturz des Erzgebirges entlang über Neudeck, Joachimsthal, Lichtenstadt, Böhmisch-Wiesenthal, Schlackenwerth und Duppau bis Brunnersdorf und Kaaden, — nach SO über Karlsbad bis Modschiedl jenseits Lubenz

und Luditz, — im SO über Elbogen, Schlaggenwald und Petschau bis weit in's Tepler Hochland, — im S über Eger, Sandau und Königswart bis Pfraumberg am Ostabfalle des Böhmer Waldes, — nach SW bis in das Fichtelgebirge (Waldsassen, Kirchenlamitz, Marktredwitz, Rehau) und endlich nach W bis in die Gegend von Hof (Feilitzsch) und von Lobenstein (Frössen). Die Luftlinie zwischen dem nördlichsten und südlichsten Beobachtungspunkte dieses Erdbebens von der Zwickauer Mulde bis Pfraumberg misst gegen 110 km, diejenige zwischen Frössen im Westen und Kaaden im Osten ebensoviel.

Aus den vorliegenden Berichten lässt sich zunächst folgendes Bild der Erdbebenerscheinungen gewinnen, wie sie sich innerhalb der Stadt Graslitz abspielten.

Den Eintritt des Graslitz erschütternden Stosses schildert eine dortige eifrige Berichterstatterin, Frau L. WEISE, wie folgt: „Ich erwachte um 5 Uhr durch ein fernes Rollen, lag still und lauschte. Einen Moment herrschte wieder tiefste Ruhe. Da mit einem Male erzitterte das Haus in seinen Grundfesten, dann begann es zu schwanken, als würde es von Riesenfäusten hin und her geschüttelt, so dass dem Muthigsten bange werden konnte."

Die Wirkung dieses Erdstosses äusserte sich nach zahlreichen aus Graslitz eingegangenen oder an Ort und Stelle eingezogenen Nachrichten folgendermassen: Wohl alle Bewohner wurden durch denselben erweckt, viele sprangen aus den Betten, manche liefen auf die Strasse; das Wasser plätschert gegen die Wände der Waschbecken, Bilder pendeln, Uhren werden im Gange gestört, Pendeluhren bleiben stehen; Glas, Porzellan- und Küchengeschirr klirren heftig, Stühle poltern, Thüren, Fenster und Oefen klappern, an die Wand gelehnte Gegenstände fallen um, Blumenvasen zur Erde; die Häuser erzittern heftig und gerathen in Schwankungen, massive Gebäude krachen; langandauerndes donnerähnliches Rollen und Dröhnen begleitet die Erschütterung. Am heftigsten äusserte sich die letztere in Strassen auf dem Gehängediluvium (Langegasse) und auf aufgefülltem Terrain. Nach Obigem besass die Schütterstärke in Graslitz den seismischen Grad 6, vielleicht sogar 6—7.

In Zeitungen ist von Rissen und Sprüngen berichtet worden, die durch den Erdstoss in Mauern und Wänden verursacht worden sein sollen. Bei eingehender Untersuchung jedes einzelnen dieser

verdächtigen Fälle durch meinen speciell hierzu instruirten Beauftragten, Herrn Cand. KAENDLER ergab sich jedoch die Nichtigkeit wohl aller dieser Behauptungen. Sämmtliche der auf seismische Ursachen zurückgeführten Risse dürften älteren Datums und erst, nachdem allgemein von derartigen Erdbebenwirkungen gesprochen wurde, entdeckt worden sein. Die Erweiterung älterer, am 7. November bereits vorhandener Risse mag, wie behauptet wird, in der That durch den heftigen Erdstoss bewirkt worden sein, — an anderen solchen Beweisstellen liess sich an den Risskanten keine Spur frisch zerbröckelten Mörtels auffinden, — an noch anderen scheinen sich bereits in dem sich setzenden Bauwerke local, namentlich über bogenförmig gewölbten Thüren und Fenstern ungefähr senkrecht nach oben verlaufende Risse gebildet zu haben, die durch den später erfolgten Bewurf verdeckt wurden. Dass letzterer durch den Erdstoss über jenen wunden Stellen zum Aufreissen gebracht worden ist, mag zugegeben sein. Keine einzige dieser auf das Erdbeben vom 7. November zurückgeführten Rissbildungen gehört den oben genannten Stadttheilen an, in denen sich die Stosswirkung am empfindlichsten fühlbar machte, — ein Umstand, der ebenfalls nicht für deren seismischen Ursprung spricht.

Die Feststellung der Richtung des Hauptstosses, welcher Graslitz am 7. November betraf, ist bei dem Widerspruche, der in dieser Beziehung unter den vorliegenden Berichten herrscht, sehr misslich. Ein Theil der Bewohner dieser Stadt hatten das Gefühl, als käme der Erdstoss von unten, — von Anderen wird die Richtung desselben als eine von NW nach SO oder umgekehrt von SO nach NW verlaufende angegeben, — noch Andere glauben die Stossrichtung SW—NO gefühlt zu haben. Auf Grund mehrfacher Berichte über das Stehenbleiben von Uhren, das Pendeln von Bildern und ähnliche Erscheinungen sind von Herrn KAENDLER an Ort und Stelle genaue Festlegungen der Himmelsrichtung der die Uhren und Bilder tragenden Wände vorgenommen worden, die aber erfahrungsgemäss auch nur widerspruchsvolle Resultate ergeben haben.

Nach der Intensität des Erdstosses vom 7. November zu schliessen, mit welcher derselbe im Vergleiche mit allen übrigen Schütterorten die Stadt Graslitz betroffen hat, und mit gleichzeitiger Würdigung der Thatsache, dass gerade diese Stelle in

den Intervallen zwischen den heftigen und sich weithin fühlbar machenden Erschütterungen vom 25., 29. und 30. October, sowie vom 7. November der stetige und z. Th. fast ausschliessliche, also chronische Schauplatz seismischer Aeusserungen gewesen ist, dürfte man berechtigt sein, Graslitz oder dessen directe Nachbarschaft als das Epicentrum dieses neuesten und bis dahin stärksten Bebens anzusprechen.

Damit stimmt auch die Thatsache überein, dass die grosse Mehrzahl der Stossrichtungen, über die aus dem Schüttergebiete Berichte eingegangen sind, in Linien liegen, welche ungefähr und im Allgemeinen radiär zur Gegend von Graslitz verlaufen. Erfahrungsgemäss wird durch die Angaben der Richtung seismischer Stösse meist nicht diese selbst, also das Woher und Wohin, sondern nur deren allgemeine Himmelsrichtung getroffen. Benutzt man die augenblicklich in Betracht kommenden Richtungsnachrichten in diesem Sinne und berücksichtigt zugleich, dass sie alle nur nach dem subjecti en Empfinden der Berichterstatter geschätzt worden sind, also bloss einen ganz allgemeinen Fingerzeig zu geben vermögen, so combiniren sich dieselben trotz vereinzelter widersprechender Angaben zu einem Systeme von Stossrichtungen, die ungefähr aus der Gegend von Graslitz ausstrahlen, aber am reinsten in der peripherischen Zone des Erschütterungsgebiets zum Ausdrucke kommen.

Darf man nach Obigem den Untergrund der Graslitzer Gegend als das Centrum dieses Bebens in Anspruch nehmen, so hat sich in der Zeit vom 30. October bis zum 7. November eine Verschiebung des Erdbebenheerdes von Untersachsenberg aus in südöstlicher Richtung nach Graslitz vollzogen.

Von diesem ihrem neuen Ausgangspunkte aus hat sich die Erderschütterung als wellenförmiger, meist noch von einem zweiten schwächeren begleiteter Stoss ausgebreitet und bis weithin in z. Th. hochgradiger Energie geäussert. Letzteres gilt zunächst von einer Anzahl Orten des Vogtlandes und Egerlandes, welche sich um Graslitz wie folgt gruppiren:

im Nordwesten und Norden von Graslitz

Untersachsenberg, heftiger Stoss, eine SSW—NNO streichende Bretterwand birst hörbar durch einen Riss von unten nach oben.

Klingenthal, sehr heftiger Stoss, in einem Uhrmacherladen

bleiben die Uhren stehen, der Pendel einer Uhr hakt aus, sämmtliche Regulatoren schlagen die Stunde, Uhrgewichte stossen gegen die Pendel, aufgeschichtetes Material fällt zusammen, Thüren schüttern.

Falkenstein und Nachbarorte, zwei Stösse, der zweite der stärkste, begleitet von dröhnendem Krachen, Putz bröckelt von den Decken, Bilder fallen von den Wänden.

Auerbach, zwei Stösse, der zweite der stärkste bisher beobachtete Stoss, der viele Bewohner weckt.

Lengenfeld und Grün, sehr kräftiger Stoss, die Betten schwanken stark.

Plauen, sehr heftiger Stoss, Zittern und Schwanken der Betten, Thüren schlagen zu, leichte Gegenstände fallen um.

im Westen und Südwesten von Graslitz

Markneukirchen, stärkster bisheriger Stoss mit intensiver Wirkung auf Gebäude und Möbel, erstere werden bis in die Fundamente erschüttert.

Adorf, stärkster Stoss der ganzen Erdbebenperiode.

Oelsnitz, zwei Stösse, der zweite so heftig, dass die Gebäude schüttern und die Betten schwanken.

Brambach, heftiger Stoss mit „minutenlanger“ Erzitterung der Häuser und Mobilien.

im Osten und Nordosten von Graslitz

Hochgarth, der heftige Stoss erweckt viele Bewohner, manche springen aus dem Bette.

Hirschenstand, der sehr starke Stoss setzt die Betten in schwankende Bewegung, — allgemeines Erwachen. Aehnlich in Fribus.

im Süden von Graslitz

Neukirchen, der kräftige Stoss erweckt die Bewohner, Häuser und Betten schwanken, der Berichterstatter fühlt sich im Bette hin und her geworfen.

Wildstein, erst ein schwacher, dann der heftigste bisher beobachtete Stoss; Schläfer erwachen, Betten schaukeln, Klirren und Klappern ertönt im ganzen Hause.

Eger, zwei Stösse, der erste der stärkere, der Boden erbebt 6—7 Secunden lang, Betten gerathen in schaukelnde Bewegung, viele erwachen.

An allen diesen Orten erreicht die Schütterstärke den seismischen Grad 5—6. Die grosse Mehrzahl derselben gehört der pleistoseismischen Zone des Erschütterungsgebietes vom 29. October Abends h. 7,50 an, nur Plauen und Oelsnitz schieben sich weiter nach NW, — Hirschenstand nach NO und Eger mehr nach S vor.

Jedoch auch noch weit ausserhalb dieses Areales bewahrt sich das Beben eine ähnliche Stärke, welche im Allgemeinen dem Grad 4 zu entsprechen, ja local Grad 5 zu erreichen scheint. So in der Richtung nach N in Kirchberg, in Weissbach unfern der Zwickauer Mulde und in Schneeberg in bis 35 km Entfernung von Graslitz, — in nordöstlicher Richtung noch in Annaberg, Cranzahl, Weipert und Pressnitz in 40—50 km Entfernung, — nach Osten über Joachimsthal bis zu dem über 55 km entfernten Kaaden, — nach SO über Schlaggenwald bis Petschau und über Karlsbad bis Luditz in 55 km Entfernung, — im Süden bis in die Gegend von Sandau. Auch in 55 km westlichem Abstande von Graslitz in Frössen jenseits Gefell und in dessen Nachbardörfern wird noch zuerst ein mehrere Secunden dauerndes leichtes Donnerrollen und Knistern der Wände, dann ein so kräftiger Stoss verspürt, dass Oefen und Tassen klirren.

Die Mehrzahl dieser Punkte mit einer verhältnissmässig noch immer bedeutenden Schütterstärke von 4, local 5 Grad liegt nahe, ja direct an der auf Grund der eingegangenen Berichte construirten Grenze des Erschütterungsgebietes. Obwohl nun ausserhalb derselben fast keinerlei Nachrichten über seismische Wahrnehmungen eingelaufen sind, folgt doch aus dieser Thatsache, dass sich die Erschütterung aus diesem ihrem inneren Felde mit abnehmender Kraft noch ziemlich weit nach aussen erstreckt haben muss. Bei der für die Wahrnehmung schwächster Erdbebenwirkungen sehr ungünstigen Zeitlage der Erschütterung sind dieselben augenscheinlich der Beobachtung entgangen. Nur aus dem 50 km südlich von Eger jenseits Plan gelegenen Pfraumberg stammt eine kurze Meldung.

An diesen sehr kräftigen und wirksamen Hauptstoss von h. 5 am. reihten sich in Graslitz und seinen Nachbarorten noch eine Anzahl weit schwächerer Stösse, von denen Dr. Bäuml in Graslitz die folgenden registrirte:

am. h. 5,36, — h. 5,47;
h. 8,10, — h. 8,30;

pm. h. 3,3;
h. 4,10, — h. 4,57;
h. 7,47;
h. 8,37, an welchen sich in den Nachtstunden noch eine grössere Anzahl leichter Stösse anreihte.

Auch von anderen, z. Th. weit von Graslitz entfernten Punkten des vorherigen Schüttergebietes sind Berichte über stossförmige Erbebungen eingegangen, welche sich dort am Abend des 7. November geäussert haben, und von denen die stärkste h. 5,30 pm. gleichzeitig in Asch, Wildstein und Brambach verspürt wurde, sich an letzterem Orte aus drei rasch auf einander folgenden Stössen zusammensetzte, welche ein heftiges Zittern der Häuser und des Mobiliars verursachten. Die genannten Orte liegen wiederum auf der seit dem 24. October fast continuirlich in Mitleidenschaft gezogenen, die Orte Graslitz und Schönberg-Asch verbindenden Schütterzone.

8. November.

Im Laufe des Tages wiederholen sich in Graslitz, Rothau und Brambach leichtes Erzittern des Bodens, unterirdisches Rollen und so schwache Erdstösse, dass sie nur von Einzelnen bemerkt werden.

Gegenüber diesen geringfügigen seismischen Aeusserungen an den genannten, sonst im höchsten Grade in Mitleidenschaft gezogenen Orten ist es auffällig, dass Falkenstein Vormittags h. 11,25 durch zwei heftige, direct aufeinander folgende Stösse erschüttert wird und dass in Wildstein Abends h. 8,50 ein so starker Stoss erfolgt, dass Bilder in mehrere Secunden andauerndes Pendeln versetzt werden.

9. November.

In Graslitz machen sich fortwährend schwache Erzitterungen, donnerartiges Rollen und in der Frühe h. 1,15, — h. 2 und h. 3,15 leichte Stösse bemerklich. Aehnlich wie am vorhergehenden Tage erfolgen an weit abgelegenen isolirten Punkten einzelne intensivere Erschütterungen, so in Grün bei Lengenfeld h. 8,45 am. und in Oelsnitz h. 4 pm.

10. November.

Die makroseismischen Aeusserungen beschränken sich in Graslitz an diesem Tage auf einen schwachen Erdstoss Abends h. 9,53. Zu fast gleicher Zeit wird in dem 24 km weit entfernten Neuberg bei Asch ein unterirdisches Rollen begleitet von einigen schwachen Erschütterungen verspürt.

11. November.

Während in Graslitz nur in der Frühe h. 3 leichtes mit unterirdischem Donner verbundenes Zittern bemerkt wird, ereignen sich in Falkenstein im Laufe des Tages mehrere Stösse und zwar die kräftigsten Morgens h. 5,30 und h. 6.

12. November.

Wiederum ist es Graslitz und das benachbarte Rothau sowie Brambach, ferner Neuberg bei Asch, wo sich in der Frühe des 12. November zwischen 4 und 6 Uhr die Fortdauer der seismischen Thätigkeit durch einige leichte Stösse, schwaches Erzittern und Donnerrollen kundgiebt.

13. November.

In Plauen erfolgt Nachts h. 1, in Graslitz h. 3 ein schwacher, in Falkenstein h. 5,40 pm. ein ziemlich heftiger Stoss.

14. November.

Plauen wird früh h. 1,45, Lengenfeld h. 8,55 am. von einer wellenförmigen Erschütterung betroffen, in Brunndöbra nordwestlich von Graslitz werden früh zwischen 5 und 7 Uhr leichte Erzitterungen verspürt.

Vom Morgen des 14. bis zum Nachmittage des 15. November herrscht, soweit dies die vorliegenden Berichte beurtheilen lassen, im gesammten Schüttergebiete des am 7. November erfolgten Hauptstosses dieses seismischen Abschnittes Ruhe. Nur in Graslitz wiederholen sich in der Nacht zum 15. November zahlreiche, aber sehr schwache Stösse.

Die seismische Thätigkeit hat somit ganz wie am Ende der vorigen, in der Nacht zum 3. November abschliessenden Periode allmählich nachgelassen und äussert sich während der

letzten Tage wiederum fast nur noch in der alten Schütterzone von Falkenstein, Graslitz, Brambach, Wildstein, Asch in Form schwacher Erbebungen.

4. Vierter Abschnitt: vom Nachmittage des 15. November bis zum 29. November.

15. November.

Am Nachmittage des 15. November beginnen sich die Erdbebenerscheinungen von Neuem zu beleben und zwar wiederum auf dem bisherigen pleistoseismischen Landstriche, nämlich in Graslitz, Rothau, Bleistadt, Schönbach, Wildstein, Schönberg a. Kap., Haslau und Asch. So werden in Graslitz an diesem Nachmittage bis zur Nacht Erdstösse beobachtet: h. 5, — h. 5,15, — h. 9,15, — h. 10,10, — h. 10,14, — h. 10,55, — h. 10,58, — h. 11,35, von denen namentlich die letzten recht kräftig wirken. Auch ein h. 4,49 in Schönbach erfolgter Stoss war so stark, dass die Fenster mehrere Secunden lang klirrten. Eine zeitliche Uebereinstimmung der aus den oben genannten Orten gemeldeten Erbebungen lässt sich nicht constatiren.

16. November.

Die Erschütterungen nehmen an Zahl und Energie zu, — ihr Schüttergebiet gewinnt an Ausdehnung. Am grössten oder wohl am sorgfältigsten registrirt ist die Zahl der Stösse wiederum in Graslitz, wo solche zu folgenden Zeiten beobachtet wurden:

am. h. 12,55;
h. 1,34, — h. 1,35, — h. 1,37 starker Stoss, — h. 1,38, — h. 1,39;
h. 2,10 starker Stoss, — h. 2,37;
h. 3,10, — h. 3,18, — h. 3,24, — h. 3,35;
h. 4,11 starke, langandauernde Erschütterung, — h. 4,20, — h. 4,37, — h. 4,38;
h. 5,46, — h. 5,52, — h. 5,54 starker Stoss;
h. 6, 5, — h. 6,12, — h. 6,31;
h. 7,10 **sehr heftiger Stoss;**
h. 8,10, — h. 8,17;
h. 10,30
pm. h. 1,59.

Der intensivste dieser Stösse war derjenige früh h. 7,10, der in Graslitz „fast dieselbe Stärke“ erreicht haben soll, wie der Hauptstoss des vorigen Erdbebenabschnittes am Morgen des 7. November.

Das Schüttergebiet, auf das sich die Erdstösse in der Frühe des 16. November vertheilen, fällt ziemlich genau mit demjenigen des Erdbebens vom 25. October Nachmittags h. 4,30, also des ersten der ganzen herbstlichen Schütterperiode zusammen (vergl. S. 32), nur reicht es im Süden nicht ganz bis Eger, erstreckt sich dagegen im Norden bis Reichenbach. Ausserdem aber haben sich Erschütterungen selbst noch in Karlsbad bemerklich gemacht. Jedoch wiederholt sich auch bei der Stossgruppe zwischen h. 1 und 8 in der Frühe des 16. November die Erscheinung, dass die Berichte über die Stärke, Zahl und Zeitpunkte der einzelnen Stösse an den über das Schüttergebiet vertheilten Beobachtungspunkten nicht harmoniren, oder so allgemein gehalten sind, dass auch der Versuch deren Identificirung vereitelt wird. So wird aus Reichenbach, Lengenfeld, Klingenthal, Untersachsenberg, Adorf, Brambach, Schönberg a. Kap. und Asch nur gemeldet, dass dort „in der Frühe des 16. November“ eine Anzahl ziemlich heftiger Erdstösse verspürt wurde, welche die Fussböden erzittern und die Fenster klirren machten. Selbst über den intensiven Stoss, welcher Graslitz h. 7,10 am. heftig erschütterte, liegen aus keinem einzigen Nachbarorte bestimmte Nachrichten vor, nur in Rothau wird zu ungefähr der nämlichen Zeit ein starkes unterirdisches Rollen wahrgenommen. Aehnliches gilt von zwei in Falkenstein in der Frühe kurz nach 5 Uhr auf einander folgenden Stössen, die sich hier so heftig äusserten, dass die Gebäude erzitterten, Uhren stehen blieben und Thüren aufsprangen, sich aber an keiner anderen Stelle des Schüttergebietes kundgegeben zu haben scheinen. In Wildstein fand früh h. 1,45 eine besonders heftige, langandauernde Erschütterung statt, welche die Betten in derartiges Schwanken versetzt, dass die Schläfer erwachen. Dieselbe äussert sich in ungefähr der nämlichen Stärke in dem nur wenige Kilometer westlich davon gelegenen Schönberg a. Kap. Alle diese Erschütterungen haben den Charakter sich sporadisch im Bereiche des seismisch erregten Gebietes einstellender Localbeben.

Nachmittags kurz vor 2 Uhr erfolgt eine ziemlich starke Erschütterung, die namentlich die Orte Graslitz, Rothau, Schwarzen-

bach, Neukirchen, Wildstein und Schönberg a. Kap., also mehr den südwestlichen Theil der bisherigen Schütterzone betrifft und in Neukirchen so energisch wirkt, dass ein von NO—SW schaukelndes Schwanken des Erdbodens, gefolgt von längerem Zittern, allgemein beobachtet wird.

17. November.

In der Frühe zwischen 2 und 6 Uhr machen sich in Brunndöbra, Graslitz, Rothau, Neuberg, Asch, Haslau, Wildstein, Königsberg a. E. und Pfraumberg, also auch diesmal im südlichen Theile des alten Schüttergebietes meist nur schwächere Erbebungen bemerklich. Namentlich aber ereignet sich kurz nach 5 Uhr in der südlichsten Randzone des Erschütterungsareales der Hauptstösse vom 29. October h. 7,50 pm. und vom 7. November h. 5 am., nämlich in dem durch die Orte Miltigau, Marienbad, Kuttenplan und Tachau bezeichneten Landstriche zwischen dem Tepler Gebirge und dem Böhmerwalde eine local recht heftige Erschütterung, welche z. B. in Kuttenplan das Bett des Berichterstatters zuerst emporhebt und dann in wellenförmige Schwankungen versetzt und die Möbel rüttelt, in Marienbad aber nur als kurzer Stoss verspürt wird.

Ausserordentlich heftig ist der Erdstoss, welcher früh h. 6,30 erfolgt und dessen pleistoseismische Wirkungen an Intensität denjenigen der stärksten Stösse am Ende des October und im Anfange des November mindestens gleichkommen.

Ihm folgt etwa h. 7,50 ein zweiter, im Allgemeinen schwächer empfundener, nur local mindestens ebenso kräftig wirkender Stoss.

War aber das Centrum der Beben am Ende des October bei Untersachsenberg und derjenigen im ersten Drittel des November bei Graslitz zu suchen, so hat sich seitdem eine noch weitere Verlegung des pleistoseismischen Areales vollzogen, und zwar hat sich der Ausgangsort des neuen Bebens auf der alten Schütterzone in südwestlicher Richtung bis zu einer bei fast allen vogtländischen Erdbeben betheiligten, für deren Ursprung bedeutungsvollen Stelle, nämlich in die Gegend von Brambach-Schönberg-Wildstein verschoben, ohne dass hierbei die seismogenetischen Vorgänge im Centrum des grossen Bebens vom 7. November, also bei Graslitz zur Ruhe gelangt wären.

Diese Steigerung der Erdbebenthätigkeit im südwestlichen

Abschnitte der bisherigen Schütterzone macht sich bereits seit mehreren Tagen, namentlich aber am 16. November bemerklich, erreicht ihren Höhepunkt in den beiden Hauptstössen h. 6,30 und h. 7,50 des 17. November und findet auch darin ihren Ausdruck, dass sich innerhalb des neugewonnenen seismischen Ausgangsareales in dem Zeitraume zwischen jenen zwei Stössen zahlreiche, z. Th. stärkere, z. Th. schwächere Erschütterungen einschalten (so in Schönberg 11, in Wildstein 13).

Wie dargelegt werden soll, giebt sich der Vollzug dieser südwestlichen Verschiebung des Erdbebenheerdes kund: 1) in der Umgestaltung des bisherigen Schüttergebietes, — 2) in der Verlegung der pleistoseismischen Orte.

Das Schüttergebiet der Erdstösse h. 6,30 und h. 7,50 am Morgen des 17. November. Die Erdbeben vom 25. October (vgl. Tafel VI), vom 29. bis 30. October (vergl. Tafel VII) und vom 7. November (vergl. Tafel VIII) haben sich vom südlichen und mittleren Vogtlande und von dessen directer Nachbarschaft aus weit nach Norden über Lengenfeld, Reichenbach und Kirchberg, z. Th. bis Zwickau im erzgebirgischen Becken, — nach NO z. Th. über Schneeberg, auf dem Rücken des Erzgebirges bis jenseits Annaberg und Pressnitz, — nach NW über Oelsnitz und Plauen bis fast zur Saale (Frössen) verbreitet. Die Erdstösse am Morgen des 17. November hingegen haben alle diese weiten Gebiete intact gelassen. Ihr Schütterareal deckt nicht einmal das nördliche Vogtland und reicht selbst nicht nach Oelsnitz und Plauen, beschränkt sich vielmehr wesentlich, nämlich bis auf die innerhalb der alten Schütterzone etwas nach Norden vorgeschobene Gegend von Falkenstein und Auerbach, auf das südliche Vogtland. Von hier aus erstreckt es sich auf den sich östlich anschliessenden Theil des erzgebirgischen Absturzes bis Joachimsthal und Kaaden, — auf das Egerland, das Tepler Hochland und den Kaiserwald über Karlsbad, Schlaggenwald, Petzschau und Tepl bis zum Ostabfalle des Böhmerwaldes, im Süden bis Pfraumberg, endlich auf den fichtelgebirgischen Grenzstrich der Gegend von Selb.

Schon dieser Terrainverlust im N, NO und NW der früheren Schüttergebiete weist bei mindestens unverkürzter südlicher Ausdehnung des diesmaligen auf ein Nachlassen der seismogenetischen Thätigkeit am nordöstlichen Ende der bisherigen Haupterschütterungszone hin.

Die pleistoseismischen Orte. Erwiesen wird obige nur aus dem kartographischen Vergleiche der Schüttergebiete gezogene Schlussfolgerung durch die folgenden Darlegungen über die gleichzeitige und entsprechende Lagenveränderung der pleistoseismischen Punkte. In Falkenstein, Untersachsenberg, Graslitz, Rothau und Frankenhammer besitzen zwar die beiden Erdstösse h. 6,30 und h. 7,50 einen immerhin bedeutenden Stärkegrad. Sie werden in Berichten aus Graslitz als „ziemlich stark und allgemein wahrgenommen“, oder als „kräftig, aber bei weitem nicht von der Stärke des Hauptstosses in der Frühe des 7. November“, — aus Rothau als „sehr intensiv“, — aus Falkenstein als „stark, verbunden mit Schwanken des Erdbodens“ bezeichnet, — aus Untersachsenberg und Frankenhammer aber nur kurz als „stärkere Stösse“ gemeldet. Allen diesen Berichten fehlt jeder Hinweis auf so beängstigende Schütterbewegungen, wie sie z. B. am 7. November gerade Graslitz und seine Nachbarorte zum Centrum jenes Bebens stempelten. Auch aus den nahe liegenden, damals pleistoseismischen Orten Hochgarth, Klingenthal und Brunndöbra liegen diesmal nur Meldungen über schwächere Erschütterungen vor.

Nach alledem scheint sich das Erdbeben vom 17. November in der Gegend von Graslitz-Untersachsenberg nicht intensiver bethätigt zu haben, als an zahlreichen anderen, nicht zur Rubrik der pleistoseismischen Punkte gehörigen Plätzen des Schüttergebietes vom 17. November. Jedenfalls aber gewähren die Erdbebenerscheinungen weiter im SW ein ganz anderes Bild. Von ihnen liefert ein Berichterstatter folgende, wenn auch vielleicht von den beängstigenden seismischen Aeusserungen etwas zu stark beeinflusste Schilderung: „Am Morgen des gestrigen Tages (des 17. November) wurden in Schönberg a. Kap., in Brambach, Asch und Nachbarorten derart heftige Stösse mit donnerähnlichem unterirdischem Krachen verspürt, dass die Einwohnerschaft ins Freie eilte. Die Stösse verursachten dort eine schaukelnde Bewegung des Erdbodens, so dass es einigen Beobachtern zuweilen schien, als befänden sie sich in einem Kahne auf wogender See. Jede Steigerung des Erdbebens würde ein allgemeines Unglück zur Folge gehabt haben.“

Ueber die Vorgänge am Morgen des 17. November liegen aus den neugewonnenen pleistoseismischen Orten folgende Specialberichte vor:

In Wildstein wurde h. 6,35 zunächst ein leichter Stoss bemerkt, dem sich ein mehrere Secunden dauerndes Donnerrollen anschloss, dann erfolgte ein Schrecken erregender Stoss in der Richtung NO—SW, — die Betten schaukeln, Gläser und Geschirr klirren, Pendeluhren bleiben stehen, Bilder schwanken an der Wand, stehende Personen „mussten sich festhalten, um nicht umgeworfen zu werden". Bis h. 7 werden noch fünf schwache, dann zwei etwas stärkere, darauf wieder sechs schwächere Erschütterungen verspürt, dann erfolgt gegen 8 Uhr ein noch heftigerer Stoss als der erste. Das Schulhaus erzittert bis in seine Grundmauern und schwankt so stark, dass „die Kinder mit den Köpfen zusammenstossen und aufschreien und dass die Tinte aus den Tintenfässern spritzt"; die Gläser in den Schränken klirren stark und fallen z. Th. durch einander, Blumentöpfe stürzen von den Fensterbrettern, Mörtel löst sich von den Mauern, Tauben fliehen beängstigt aus dem Schlage; erschreckt springen die Leute auf die Strasse.

In dem 8 km nordöstlich von Wildstein gelegenen Neukirchen äussert sich der Stoss h. 6,35 ebenfalls in solcher Stärke, dass der Boden erbebt, Fenster und Geschirr klirren und klappern, Oefen beschädigt werden, Mörtel von den Decken fällt und die Bevölkerung in Aufregung und Angst geräth.

Ebenso ereignet sich in Schönberg a. Kap. h. 6,30 der stärkste aller im Verlaufe der Erdbebenperiode des October und November dort beobachteten Stösse. Derselbe war kurz wellenförmig und schien aus SSO zu kommen. Angelehnte Thüren schlagen an, Geschirr klirrt, kleine Gegenstände fallen von den Wandsimsen. An diesen Stoss reihten sich bis 7 Uhr elf schwächere Erschütterungen; h. 7,50 erfolgte ein zweiter kaum weniger heftiger Stoss als der erste.

Auch in Brambach wird der Stoss h. 6,30 als der heftigste aller bisherigen empfunden.

In Asch versetzt der ausserordentlich heftige, wellenförmige Stoss h. 6,30 den Erdboden für 2—3 Secunden in schwankende Bewegung, so dass die Wände der Häuser knistern. Die ihm gegen 8 Uhr folgende Erschütterung ist zwar etwas schwächer, aber noch immer sehr intensiv.

Jedenfalls hat an den genannten Orten die Heftigkeit der seismischen Erscheinungen den Stärkegrad 6, vielleicht sogar 6—7 besessen.

Mit etwas geringerer Kraft äussern sich beide Stösse an zahlreichen anderen Orten der an das Elstergebirge angrenzenden nordwestlichen Theile Böhmens östlich bis in die Gegend von Karlsbad und südlich bis Königswart am Kaiserwald. An der Mehrzahl der Beobachtungspunkte dieses Areales mag das Beben den Grad 4—5 oder selbst 5 erreicht haben, der sich jedoch naturgemäss nach der Peripherie des Schüttergebietes mehr und mehr abschwächt. Die Orte, aus denen über die für diese in einander verschwimmenden Stärkegrade charakteristischen Aeusserungen beider Stösse Berichte vorliegen, sowie aus denen dieselben kurz als „heftig", „stark, allgemein wahrgenommen" gekennzeichnet werden, sind die folgenden:

1. aus den dem pleistoseismischen Gebiete nächstliegenden Theilen des Elstergebirges und des erzgebirgischen Abfalles nach Böhmen:

Elster,	Haslau,	Schwarzenbach,
Neuberg,	Bleistadt,	Rothau,
Kommersreuth,	Schönbach,	Graslitz,
		sowie Falkenstein.

Ausserdem werden beide Erdstösse von Fribus und Gossengrün gemeldet.

2. aus dem Egerthal:

Franzensbad,	Königsberg,	Neusattl,
Eger,	Maria Kulm,	Elbogen,
Treunitz,	Falkenau,	Fischern b. Karlsbad.

Aus Karlsbad selbst liegt uns nur die kurze Meldung beider Stösse vor.[1])

3. aus dem Tepler Hochland und dem Kaiserwald:

Pirkenhammer,	Petzschau,	Königswart,
Schlaggenwald,	Tepl,	Sandau.
Kirchenbirg,	Sangerberg,	
Lauterbach,		

Auch aus Einsiedel und Marienbad werden beide Stösse gemeldet.

1) An dieser Stelle sei bemerkt, dass nach übereinstimmenden Berichten die Quellen von Karlsbad, Franzensbad, Marienbad, Königswart und Bad Elster durch keinen einzigen der Hauptstösse des sächsisch-böhmischen Erdbebens irgend wie beeinflusst wurden.

Sehr schwach werden beide Erschütterungen noch in Joachimsthal verspürt, während sich der erste Stoss nach O noch über diese Stadt hinaus bis Kaaden, ferner nach S bis Kuttenplan, Dreihacken und Pfraumberg am Böhmerwald und südwestlich noch über Selb im Fichtelgebirge hinaus fortpflanzt, ja noch in Lossau (12 km nördlich von Kulmbach) bemerkt worden sein soll. Diese grössere Ausdehnung des Schüttergebietes des Stosses h. 6,30 entspricht der Thatsache, dass sich derselbe an den meisten von beiden Stössen betroffenen Orten als der intensivere äusserte.

Im Verhältniss zur Zahl der Beobachtungspunkte dieser Erschütterungen ist diejenige, aus denen Nachrichten über die Stossrichtung eingegangen sind, eine geringe. Zugleich stehen diese Angaben selbst an unmittelbar benachbarten Orten unter einander in solchem Widerspruche, dass auf ihre Verwerthung verzichtet werden muss.

Mit den beiden Stössen am Morgen des 17. November hat die seismische Thätigkeit auch des letzten Abschnittes der gesammten Erdbebenperiode ihren Höhepunkt erreicht, und nimmt von da an rasch ab, um schliesslich nur noch in zeitlich und räumlich weit von einander getrennten Nachwirkungen nochmals schwach aufzuzucken.

Am Vormittage des 17. November selbst erfolgen in directem Anschlusse an den letzten Hauptstoss zwischen h. 8,15 und h. 8,18 in Graslitz, Frankenhammer und Falkenau, — ferner zwischen h. 8,40 und h. 9 in Frankenhammer, Schönbach, Bleistadt, Gossengrün und Maria Kulm, — endlich zwischen h. 10 und h. 10,20 in Rothau, Schönbach, Bleistadt und Gossengrün mehrere Stösse von geringer Stärke, unter denen nur diejenigen h. 8,52, — h. 8,57 und h. 10,15 in Schönbach einen bedeutenderen Stärkegrad erreichen. Gleiches gilt von einem Stosse, der Mittags h. 1,15 den unfern Schönberg a. Kap. gelegenen Ort Kommersreuth ziemlich heftig erschüttert, sowie von einem ausgedehnteren Beben, welches sich etwa h. 4,5 Nachmittags in Graslitz, Rothau, Schwarzenbach, Schönbach, Bleistadt, Gossengrün bis in die Gegend von Franzensbad (Höflasgut) und zwar namentlich intensiv in Rothau, Schönbach und Gossengrün, in letzterem Orte als lang andauernde, mit Knistern der Decke und Donnerrollen verknüpfte Erschütterung, bemerklich machte. Am Abend h. 8,20, h. 9,30 und h. 10,30 werden in Rothau und Stein, h. 9,10 in Kaaden leichte Erschütterungen beobachtet.

Das Gebiet, in dem sich alle diese localen Erbebungen abspielten, gehört bis auf das weit und isolirt nach O vorgeschobene Kaaden wiederum der Schütterzone Graslitz-Bleistadt-Schönberg oder deren Nachbarschaft an, während der ganze nördliche und östliche Theil des früheren vogtländisch-böhmischen Schütterareales unberührt geblieben ist.

18. bis 29. November.

Durch lange Ruhepausen getrennte Erdbebenerscheinungen meist sehr leichten Grades äussern sich in der Nacht und in der Frühe des 18. November h. 12,5 in Rothau, h. 2 in Fischern bei Karlsbad und in Luditz in Böhmen, h. 4 in Asch, h. 6,30 im benachbarten Gottmannsgrün, während h. 7,45 in Brambach und Eger zwei sehr kräftige Stösse erfolgen.

Vom 19. November wird nur aus Brunndöbra bei Klingenthal über wiederholte leichte Erschütterungen und von der Frühe des 20. November nur aus Untersachsenberg über ein aussergewöhnlich langes unterirdisches Donnerrollen, sowie aus Graslitz über mehrere schwache Erbebungen berichtet.

Nach mehr als dreitägiger, wenigstens makroseismischer Ruhe im gesammten Schüttergebiete erfolgt in Falkenstein am Nachmittage des 23. November gegen 4 Uhr eine lang andauernde stossförmige Erschütterung begleitet von Donner.

Vom 24. November wird aus Königsberg a. Eg. früh h. 2,47 und h. 3,15 je eine schwache Erbebung und unterirdisches Rollen gemeldet.

Am 25. November früh h. 2,48 macht sich in Oelsnitz, am 26. November Abends h. 6,29 in Graslitz ein wellenförmiger Erdstoss bemerklich.

Mit ihm scheint die seismische Thätigkeit nach 34tägiger Wirksamkeit zu erlöschen, doch flackert sie in der Nacht des 29. November in der Gegend ihrer ersten und zugleich ihrer constantesten Aeusserung noch einmal auf und versetzt Rothau h. 1 und h. 1,40 am. in schwaches Erbeben.

Vielleicht sind sogar die leichten Stösse, welche am 8. Januar 1898 früh h. 3,5 und h. 7 in Hundsgrün und Ebersbach nördlich von Adorf verspürt wurden, sowie das „unheimliche" unterirdische Rollen, das sich in der Frühe des 3. Februar 1898 gegen h. 2 und h. 2,45 in Adorf bemerklich machte, als Nachklänge des vorhergegangenen fünfwöchentlichen Erdbebens zu erklären.

Die graphische Darstellung der Intensität und zeitlichen Vertheilung der makroseismischen Verticalbewegungen im Hauptschüttergebiete des sächsisch-böhmischen Erdbebens vom 24. October bis 29. November 1897 auf Tafel V

nebst einem dieselbe ergänzenden

Rückblicke auf den Verlauf dieses Bebens, mit besonderer Berücksichtigung seiner Stoss- und Schüttergebiete.

Auf Tafel V ist der Versuch gemacht worden, ein graphisches Bild von der Intensität der sich in der Erdbebenperiode vom 24. October bis 29. November 1897 innerhalb ihrer pleistoseismischen Schüttergebiete abspielenden seismischen Verticalbewegungen zu construiren, soweit solches mit Hülfe directer, also ohne Instrumente gemachter Beobachtungen und bei dem kleinen Maassstabe des Diagrammes ausführbar war. Letzterer Umstand machte es unmöglich, die sich zeitweilig in sehr grosser Zahl und in raschester Folge an einander reihenden Stösse geringerer Stärke sämmtlich zur Darstellung zu bringen. In solchen Fällen blieb nichts übrig, als das graphische Schema durch beigefügte Zahlenangaben zu ergänzen. Der in letzteres eingetragene Stärkegrad der einzelnen Stösse wurde geradeso wie bei allen übrigen von uns beschriebenen sächsischen Erdbeben und nach der auch sonst gebräuchlichen, einzig möglichen Methode nach den Berichten über die Aeusserungen und Folgeerscheinungen dieser Stösse abgeschätzt, welche Berichte wiederum nur auf dem individuellen Eindrucke beruhen, den jene seismischen Erscheinungen auf die Beobachter gemacht haben. Die gesammte graphische Darstellung kann deshalb nur als eine schematische gelten, giebt aber trotzdem ein in seinen allgemeinen Zügen richtiges und deshalb instructives Bild über die zeitliche Vertheilung und die Intensität aller jener makroseismischen Verticalbewegungen, die sich zum sächsisch-böhmischen Erdbeben des October und November 1897 an einander reihten. Bei der zeitweiligen Fülle schwacher und schwächster Erbebungen und Zuckungen zwischen den stärkeren

Stössen ist es wahrscheinlich, dass in gleicher Weise auch zwischen erstere noch leisere, also mikroseismische Erzitterungen fallen, die der directen Beobachtung entgehen mussten, die aber seismometrische Apparate als eine die makroseismischen Stösse verknüpfende Zickzacklinie registrirt haben würden.

Doch bereits in ihrem die gewünschte Vollkommenheit nicht erreichenden Zustande bringt unsere graphische Darstellung zunächst zur Anschauung, aus welch' grosser Zahl von die mikroseismischen Stärkegrade überragenden Einzelstössen sich die 37 tägige Periode des sächsisch-böhmischen Erdbebens zusammensetzte. Sie zeigt ferner, dass sich dieselbe in vier Abschnitte gliedert und dass die seismische Bewegung innerhalb jedes derselben in einem den Stärkegrad 5—6, ja 6—7 erreichenden Hauptstoss oder zwei derartigen, meist rasch auf einander folgenden Hauptstössen gipfelt, die von einer grösseren oder geringeren Anzahl schwächerer und schwächster Erschütterungen vorbereitet und gefolgt sind, bis der Zustand makroseismischer Ruhe wieder erlangt ist, welcher dann 12—36 Stunden andauert. Nach mehrtägiger anscheinender Ruhe, die auf den vierten, vom 15. bis 20. November andauernden Schütterschwarm folgt, flackert die seismische Thätigkeit nochmals in einigen schwachen Erschütterungen an räumlich weit getrennten Stellen empor.

Ebenso deutlich wie dieses periodische Aufzucken der Erdbebenbewegung von den schwächsten Erzitterungen zu den kräftigeren Erschütterungen und zu gewaltigen Stössen giebt die graphische Darstellung auf Tafel V die Thatsache kund, dass die Gesammtheit der heftigsten, den Stärkegrad 5 erreichenden oder übersteigenden Stösse in dem nächtlichen Zeitabschnitt von 8 Uhr Abends bis 8 Uhr früh stattgefunden hat, ebenso aber auch, dass die schwächeren Erschütterungen wesentlich auf dieselbe Stundengruppe und zwar vorzüglich auf die Zeit zwischen Mitternacht und 8 Uhr früh sich concentrirten.

Diese nur den Zeitpunkt und den ungefähren Stärkegrad der Verticalbewegungen der Erdbebenperiode zur Anschauung bringende Darstellung soll durch nachstehenden kurzen Rückblick geographisch, also durch Verfolg der verschiedengradigen oberflächlichen Ausbreitung der einzelnen seismischen Bewegungen ergänzt werden und sich mit ihm zu einem übersichtlichen Gesammtbilde der Geschichte jener Erdbebenperiode verschmelzen.

Kurzer Rückblick auf den Verlauf des sächsisch-böhmischen Erdbebens i. J. 1897.

Erster Abschnitt: vom 24. October bis zur Frühe des 29. October.

24. October.

Am Abend und in der Nacht des 24. October erfolgen schwache, stossförmige Erbebungen in Kottenhaide und Graslitz, Brambach und Rossbach, welche Orte bereits die ungefähren Endpunkte einer das südliche Vogtland in NO—SW-Richtung durchquerenden Schütterzone andeuten.

25. October.

Zahlreichere und intensivere Stösse in Untersachsenberg, Schwaderbach, Graslitz, Rothau, Frankenhammer, Bleistadt, Brambach und Asch, — Orten, welche der nämlichen, etwas verbreiterten Schütterzone angehören. Nachmittags h. 4,30 und h. 4,50 je ein heftiger Erdstoss vom Stärkegrade 4—5. Ihr Schüttergebiet erstreckt sich im N bis Lengenfeld, im O bis Fribus, im S bis Eger; Untersachsenberg, Graslitz, Rothau, Schönbach und Brambach sind wiederum die pleistoseismischen Orte. Auf sie beschränkt sich auch ein stärkerer Stoss, der h. 5,30 stattfindet, sowie eine Anzahl schwächerer Erschütterungen zwischen h. 6 und h. 9 Abends, bis h. 9 ein sehr heftiger Doppelstoss folgt, dessen Schüttergebiet nach W über Plauen bis Frössen, nach N bis in die Gegend von Reichenbach, nach O bis in die Nähe von Johanngeorgenstadt und nach Neudeck, im Süden bis jenseits Sandau reicht, ja der noch in Tharandt und Kaaden verspürt wird. Das pleistoseismische Areal ist dasselbe wie Nachmittags, nur dehnt es sich vom NO-Ende der bisherigen Hauptschütterzone an als ein nach NW gerichteter Streifen bis jenseits Auerbach aus und umfasst jetzt die Orte Auerbach, Ellefeld, Falkenstein, Untersachsenberg, Graslitz, Markneukirchen, Elster, Brambach, Wildstein und Schönberg, wo das Beben den Stärkegrad 5—6 besitzt (Tafel VI).

Die meist ganz localen und schwachen Erschütterungen, die sich vom Abend des 25. October an

am 26., 27. und 28. October

bis zur Frühe des 29. October wiederholen, vertheilen sich durchweg auf Orte des bisherigen pleistoseismischen Gebietes, nämlich auf Kottenhaide, Zwota, Schöneck, Graslitz, Rothau, Schönbach, Fleissen, Brambach, Schönberg a. Kap., Neuberg und Asch, äussern sich aber unter diesen in grösster Zahl und in verhältnissmässig grösster Stärke in Graslitz und Brambach.

Zweiter Abschnitt: vom Abend des 29. October bis zum 3. November.

29. und 30. October.

Nach zwölfstündiger Ruhe, die nur in der Graslitzer Gegend durch schwache Erzitterungen unterbrochen wird, erfolgt Abends h. 6,30 wiederum in Untersachsenberg, Graslitz und Rothau ein ziemlich starker und h. 7,50 ein ausserordentlich heftiger Erdstoss, der sich vom Vogtlande aus bis jenseits Schneeberg und Platten im Erzgebirge, über Karlsbad, Elbogen, Falkenau und Eger ausbreitet und sich im Westen noch jenseits Gefell, im Süden noch im Bezirk Plan bis Pfraumberg am Böhmerwald, im Osten bis in die Nachbarschaft von Freiberg bemerklich macht. Das pleistoseismische Gebiet dieses Erdbebens ist dasselbe wie desjenigen am 25. October und enthält die Orte: Ellefeld, Falkenstein, Klingenthal, Untersachsenberg, Graslitz, Fribus, Rothau, Hochgarth, Schindelwald, Adorf, Bad Elster, Brambach, Schönberg a. Kap., die mit einer Intensität von 5—6 Grad erschüttert werden (Taf. VII).

An diesen Hauptstoss reiht sich eine etwa zwölfstündige Periode von sehr zahlreichen, keine Stunde ganz aussetzenden meist schwächeren, namentlich aber in der Frühe des 30. October zwischen h. 2 und 6 besonders energischen, z. Th. erschreckend heftigen Stössen. Die pleistoseismischen Orte dieser Schütterperiode fallen wiederum in die beiden Zonen Ellefeld, Hammerbrücke, Klingenthal, Untersachsenberg, Graslitz, Rossbach, Schönberg a. Kap. Innerhalb derselben gipfelt die seismische Thätigkeit näher deren NO-Ende, nämlich in der Gegend von Klingenthal-Untersachsenberg-Graslitz, welche sich dadurch, ebenso wie bereits am 25. October als oberflächlicher Hauptausgangspunkt der ersteren kennzeichnet.

Von früh h. 8.45 an lassen die Erdbebenerscheinungen rasch nach und beschränken sich im Laufe des 30. October, ferner

am 31. October, 1. und 2. November

auf z. Th. schwache und locale, nur in der Nacht vom 31. October zum 1. November etwas energischere, durch z. Th. grössere Zeitzwischenräume getrennte Erbebungen, die sich fast ausnahmslos an Orten des obigen pleistoseismischen Schüttergebietes abspielen.

Dritter Abschnitt: vom 3. November bis zum 14. November.

3. bis 6. November.

Nach ein und einhalbtägiger makroseismischer Ruhe beginnen sich am Nachmittage des 3. November und zwar wiederum in den Orten Falkenstein, Graslitz, Rothau, Brambach und Schönberg a. Kap. von Neuem Erschütterungen schwächeren Grades bemerklich zu machen, — setzen sich in dieser Zone, besonders in der Gegend von Graslitz, Brambach und Schönberg a. Kap., während des ganzen 4. November fort, — wiederholen sich innerhalb derselben sowie in den schon früher in Mitleidenschaft gezogenen Orten Wildstein, Bleistadt und Liebenstein am 5. November, — dehnen sich am 6. November auch auf die gleichfalls bereits dem pleistoseismischen Gebiete der Hauptstösse vom 25., 29. und 30. October angehörigen Orte Ellefeld, Auerbach und Markneukirchen aus und nehmen in der Nacht zum 7. November, besonders in der Gegend von Graslitz an Zahl und Schütterstärke beträchtlich zu, bis hier

am 7. November

früh h. 4,58 ein gewaltiger Erdstoss erfolgt, der sich von Graslitz aus nach N bis Schneeberg, Kirchberg, zur Zwickauer Mulde, — nach NO im Erzgebirge bis jenseits Annaberg, Weipert und Pressnitz, — nach O bis Kaaden, — nach SO über Karlsbad bis jenseits Lubenz und Luditz, — nach S bis weit in's Tepler Hochland, bis Plan, zum Böhmerwald bis Pfraumberg und in das Fichtelgebirge, — nach W bis gegen Hof und Lobenstein fortpflanzt. Das pleistoseismische Gebiet dieser Erschütterung ist in der Hauptsache das alte, dehnt sich aber über dessen Grenzen fast nach allen Seiten, namentlich nach NO, O und S nicht unwesentlich aus (vergl. Tafel VIII) und umfasst jetzt das Areal zwischen den Orten Lengenfeld, Plauen, Oelsnitz, Auerbach, Falkenstein.

Klingenthal, Untersachsenberg, Adorf, Markneukirchen, Graslitz, Hochgarth, Neukirchen, Brambach, Wildstein und Eger, wo die Schütterstärke überall etwa 5 Grad beträgt. Eine einigermaassen scharfe Grenze zwischen dem durch obige Orte gekennzeichneten pleistoseismischen Areale und der weiter nach Aussen folgenden Zone etwas schwächerer Intensität lässt sich nicht ziehen. Dagegen steigert sich letztere in Graslitz bis zu über 6 Grad, so dass diese Stelle oberflächlich dem Ausgangspunkte des Erdbebens entsprechen dürfte. In diesem Falle hat sich seit dem 30. October eine Verschiebung des Erdbebenheerdes von Untersachsenberg-Klingenthal in südöstlicher Richtung nach Graslitz vollzogen.

Hier reihen sich auch bis in die Nacht noch ziemlich zahlreiche schwächere Stösse an, während aus dem übrigen Schüttergebiete nur aus Wildstein, Brambach und Asch Berichte und zwar über ziemlich energische Erdstösse vorliegen. In dem Zeitraume

vom 8. bis 14. November

ereignen sich an einer grösseren Zahl weitläufig und ordnungslos im pleistoseismischen Schüttergebiete des 7. November zerstreut liegenden Punkten, nämlich in Graslitz, Rothau, Brunndöbra, Falkenstein, Oelsnitz, Plauen, Lengenfeld, Wildstein, Brambach und Neuberg bei Asch ganz unabhängig von einander, also zeitlich und räumlich zusammenhangslos, schwache Stösse, leichte Erzitterungen und unterirdisches Rollen. Nur am 8. November erfolgen in Falkenstein und Wildstein heftigere Stösse.

Von der Frühe des 14. November an herrscht scheinbare Ruhe, nur in Graslitz zeigt sich die Fortdauer seismischer Bewegungen durch zahlreiche, aber sehr schwache Erbebungen an.

Vierter Abschnitt:
vom Nachmittage des 15. November bis zum 29. November.

15. und 16. November.

Am Nachmittage des 15. November beginnen sich die Erschütterungen zunächst in Graslitz, Rothau, Bleistadt, Schönbach, Wildstein, Schönberg, Haslau und Asch, also an lauter Orten der bisherigen SW—NO-Schütterzone, wieder zu beleben und z. Th. recht energisch zu äussern, um am Morgen des 16. November

besonders in Graslitz an Zahl, Intensität und Verbreitung wesentlich zuzunehmen. In, wie es scheint, vollkommener Unabhängigkeit von einander vertheilen sich diese z. Th. recht kräftigen, meist aber nur schwachen Stösse auf das alte pleistoseismische Gebiet zwischen Lengenfeld-Klingenthal-Rothau und Adorf-Asch-Schönberg-Wildstein. Nur einige Erbebungen äussern sich ausserhalb desselben noch in Reichenbach, ja selbst in Karlsbad. Dahingegen lässt ein Nachmittags 2 Uhr erfolgtes, ziemlich starkes Beben die nördlichen Theile des bisherigen Schütterareales unberührt und betrifft nur dessen südlichen Abschnitt, und zwar namentlich die Gegend zwischen Neukirchen, Wildstein und Schönberg.

17. November.

Die gleiche Beschränkung zeigt sich bei den schwächeren Erschütterungen in der Frühe des 17. November, die sich nur in dem Gelände zwischen Graslitz, Wildstein, Königsberg a. Eg., Haslau, Asch und Neuberg, zugleich aber in dem nach Süden vorgeschobenen Pfraumberg am Böhmerwalde bemerklich machen. Ein ebenfalls weit im Süden gelegenes locales Schüttergebiet besitzt ein früh 5 Uhr stattfindender Stoss, welcher die Orte Miltigau, Marienbad und Tachau, besonders heftig aber Kuttenplan am Westabfalle des Kaiserwaldes betrifft.

Früh h. 6,30 und h. 7,50 erfolgen zwei durch schwächere Erschütterungen verknüpfte, ausserordentlich heftige Hauptstösse. Ihre intensivste Wirkung beschränkt sich ebenfalls nur noch auf den SW-Abschnitt der früheren pleistoseismischen Gebiete, nämlich auf die Gegend von Neukirchen, Wildstein, Schönberg, Brambach und Asch, wo sie den Stärkegrad 6—7 erreicht. Dem entsprechend haben die Stösse am Morgen des 17. November die ganzen ausgedehnten nordwestlichen, nördlichen und nordöstlichen Striche des Schüttergebietes vom 7. November intact gelassen, sich vielmehr auf das südliche Vogtland, die Begleitzone des erzgebirgischen Absturzes bis Kaaden, das Egerland, das Tepler Hochland und den Kaiserwald concentrirt, wo sie sich meist noch immer recht energisch, nämlich in einer Stärke von 4—5, ja von 5 Grad äussern. Es hat sich somit seit dem 16. November von Neuem eine Verschiebung des Areales der heftigsten und der intensiveren Erschütterungen und hiermit zugleich der Grenzen des gesammten Schüttergebietes vollzogen.

Rasch nimmt von jetzt an die seismische Thätigkeit ab und beschränkt sich im ferneren Verlauf des 17. November auf meist nur locale Erbebungen innerhalb des Schüttergebietes des Hauptstosses.

18. bis 29. November.

Am 18., 19. und 20. November machen sich nur noch wenige Erdbebenerscheinungen vorwiegend leichten Grades an vereinzelten, durch grosse Entfernung getrennten Stellen des vogtländisch-böhmischen Schüttergebietes bemerklich.

Nachdem während dreier Tage makroseismische Ruhe geherrscht hat, erfolgen am 23. November in Falkenstein, am 24. in Königsberg a. Eg., am 25. in Oelsnitz, am 26. in Graslitz und endlich nach zwei und einhalbtägiger Ruhepause in Rothau noch schwache Erschütterungen. Mit letzteren erlischt das sächsisch-böhmische Erdbeben.

Seismogenetische Erörterungen.

Die Hauptstösse der vom 24. October bis zum 29. November 1897 andauernden sächsisch-böhmischen Erdbebenperiode zogen das gesammte Vogtland und grosse Strecken des Erzgebirges, das Egerland, den Kaiserwald und das Tepler Hochland, sowie Theile des Böhmerwaldes und Fichtelgebirges in Mitleidenschaft.

Das Ausgangsgebiet der Erschütterungen dieses 37tägigen Bebenschwarmes gehört dem südlichen Vogtlande und zwar wesentlich dem Elstergebirge an.

Innerhalb dieses Areales macht sich von Beginn an eine Zone sehr häufiger, zeitweilig und local fast continuirlicher schwächerer, sowie wiederholter intensivster, sich weithin fortpflanzender Stösse, also eine chronische und zugleich pleistoseismische Schütterzone bemerklich. Dieselbe erstreckt sich von den Orten Untersachsenberg-Graslitz-Rothau in südwestlicher Richtung über Schönbach und Brambach bis gegen Rossbach-Asch-Schönberg-Wildstein. An ihr nordöstliches Ende schliesst sich eine zweite, über Hammerbrücke und Falkenstein in nordwestlicher Richtung nach Auerbach

verlaufende Schütterzone geringerer Intensität an (vergl. z. B. Tafel VI und VII).

Die etwa 15 km breite und gegen 30 km lange nordöstlich streichende, also südliche Schütterzone liegt dem erzgebirgischen Abbruche parallel, fällt jedoch mit diesem nicht zusammen, sondern ist ihm im Nordwesten vorgelagert. Der andere sich bei Untersachsenberg-Klingenthal an das NO-Ende dieser Zone fast rechtwinklig anschliessende, bis Auerbach reichende, nur 6—7 km breite Schütterstreifen läuft der durch die Orte Eger-Asch bezeichneten Fortsetzung der grossen Böhmerwald-Dislocation parallel. Auf der Kreuzung der Achse dieser zweiten Schütterzone mit der erst skizzirten SW—NO-Zone (vergl. Tafel VI) liegen die epicentralen Orte Untersachsenberg, Graslitz und Rothau. Doch muss betont werden, dass beide Schütterzonen ebenso wie ihre Achsen durch keinerlei zum oberflächlichen Ausdrucke gelangende tektonische Störungslinien markirt werden, sondern vielmehr das Schiefergebirge zwischen dem nördlichen Abschnitte der Böhmerwald-Dislocation und dem erzgebirgischen Bruche ganz unabhängig von der dort herrschenden Tektonik durchqueren. Aus diesem Grunde ist es auch unthunlich, innerhalb der oben gekennzeichneten und auf dem Kartenbilde der Schüttergebiete der Hauptstösse wiedergegebenen pleistoseismischen Areale bestimmte Stosslinien zu construiren. Fest steht nur die Thatsache, dass sich die Orte intensivster und chronischer Erschütterung des sächsisch-böhmischen Bebens auf jene beiden rechtwinklig auf einander stehenden Zonen concentriren, deren Form und Erstreckung durch die Erzgebirgs- und Böhmerwaldrichtung beherrscht wird.

Von diesen zwei Schütterzonen repräsentirt der wesentlich dem Elstergebirge angehörige, also südliche Landstrich zwischen Untersachsenberg-Graslitz-Rothau und Brambach-Schönberg-Wildstein die hauptsächlichste seismogenetische, also epicentrale Zone. Und zwar geht dies daraus hervor:

1. dass die Erschütterungen der Erdbebenperiode auf ihm anheben,
2. dass sich besonders auf ihn die pleistoseismischen Orte concentriren,
3. dass sich auf ihn die bei weitem meisten schwächeren Erschütterungen in den Intervallen zwischen den sich weithin ausdehnenden Hauptstössen beschränken, sich aber hier in grosser Zahl und local in rascher Folge wiederholen.

Innerhalb dieser Stosszone kennzeichnet sich durch den hohen Stärkegrad der seismischen Erscheinungen zunächst, nämlich bis gegen Ende October, die Gegend Untersachsenberg-Klingenthal, — dann im Anfang November die von Graslitz und endlich vom 16. November an diejenige von Wildstein-Schönberg-Brambach-Asch als oberflächlicher Ausgangsort, also als epicentrales Gebiet des Erdbebens. Es hat sich somit im Laufe der Schütterperiode eine Wanderung des Stossheerdes vom nordöstlichen Ende der Hauptschütterzone bei Untersachsenberg-Klingenthal zuerst in südöstlicher Richtung, nämlich in der Achse der NW—SO-Schütterzone nach Graslitz und von da seit Mitte November in den südwestlichsten Abschnitt der Hauptschütterzone vollzogen.

Der allgemeine geologische Aufbau des von dem sächsisch-böhmischen Erdbeben betroffenen Areales hat einen sichtlichen Einfluss auf die Ausbreitung der Erdbebenwellen, also auf die Form der Schüttergebiete und auf die relative Intensität der seismischen Erschütterungen kaum ausgeübt. Aus dem südvogtländischen Schiefergebiete pflanzten sich die Erdbebenwellen fort über den Granit von Kirchberg bis in das Carbon und Rothliegende von Zwickau, — über das Granitmassiv von Eibenstock bis in die erzgebirgischen Gneiss- und Glimmerschiefergebiete von Ehrenfriedersdorf, Annaberg und Pressnitz, ja von Tharandt und Freiberg, — über die Braunkohlenformation von Eger und Falkenau in die Granite, Gneisse und krystallinischen Schiefer des Kaiserwaldes und Tepler Hochlandes, — über das Granitareal von Karlsbad und über das vulkanische Gebirge von Duppau bis in das Rothliegende von Lubenz und Modschiedl.

Dahingegen kann nach den vorliegenden Berichten kaum ein Zweifel obwalten, dass im Speciellen die rasch wechselnde geologische Zusammensetzung gewisser Theile des Schüttergebietes aus massigen und aus geschichteten Gesteinen, die local sehr häufigen Dislocationen, das sich rasch ändernde Streichen der Schichten einen örtlichen Einfluss auf die seismischen Vorgänge ausgeübt haben, der sich namentlich in Ablenkungen der Erdbebenwellen aus ihrer normalen Fortpflanzungsrichtung und in der stellenweisen Abschwächung oder aber Steigerung ihrer oberflächlichen Aeusserungen kund gegeben hat.

Die beiden das Erschütterungsareal durchsetzenden gewaltigen Verwerfungen, der erzgebirgische Abbruch und die Böhmer-

wald-Dislocation scheinen die sie unter spitzem Winkel treffenden Erdbebenwellen nur insofern beeinflusst zu haben, als sich letztere an denselben bis zu grösserer Entfernung fortpflanzten, wie in dem zwischenliegenden Terrain. Hieraus dürfte es sich erklären, dass das weit im Osten von dem geschlossenen Schüttergebiete des 25. October (Tafel VI) und des 17. November (Tafel IX) auf der erzgebirgischen Bruchzone gelegene Kaaden von den Stössen der genannten beiden Tage betroffen wurde, — dass ferner die weit nach Süden vorgeschobene Gegend von Pfraumberg am Böhmerwalde von den Erschütterungen sowohl des 29. October wie des 7. und 17. November in Mitleidenschaft gezogen worden ist. Auch das auf das Gelände von Marienbad, Kuttenplan und Tachau am Ostrande des Kaiserwaldes beschränkte Localbeben in der Frühe des 17. November (S. 59) dürfte von der Böhmerwald-Dislocation ausgegangen und auf dieser durch die heftigen Stösse, welche am vorhergehenden Tage in dem nördlich vorliegenden epicentralen Gebiete von Schönberg, Neukirchen und Wildstein stattfanden, angeregt worden sein.

Erörterungen über die Ursächlichkeit des sächsisch-böhmischen Erdbebens im October und November 1897 müssen von der Thatsache ausgehen, dass dasselbe im Vogtlande nicht etwa eine für sich allein dastehende seismische Erscheinung, sondern vielmehr das derzeitige Endglied einer langen Reihe von vogtländischen Beben darstellt. Haben doch von den durch uns seit dem Jahre 1875 registrirten 38 sächsischen Erdbeben nicht weniger als 22, nämlich die auf S. 3 bis 7 unter Nummer 1, 6, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37 und 38 aufgezählten und in der Tabelle auf Seite 81 durch fetteren Druck der laufenden Nummern hervorgehobenen Erschütterungen ihren Ursprung im Vogtlande. Unter diesen erreichen, ganz abgesehen von der 37tägigen herbstlichen Erdbebenperiode des Jahres 1897, einige Stösse eine beträchtliche Intensität und breiten ihre Wellen nicht nur über fast das gesammte oder selbst das ganze Vogtland aus, wie diejenigen vom 21. October 1892 und vom 16. Mai 1896, sondern erstrecken sich z. Th. noch weit über dasselbe hinaus, so das Erdbeben vom 20. October 1883, welches sich selbst noch in Chemnitz, Orlamünde und Leipzig fühlbar machte, und diejenigen vom 23. November 1875 und vom 26. December 1888, welche sich

in das westliche Erzgebirge bis in die Gegend von Schwarzenberg fortsetzten.

Diese verhältnissmässige Häufigkeit seismischer Aeusserungen stempelt das Vogtland zu einem chronischen Schüttergebiet.

Der südliche Abschnitt dieses vogtländischen Schüttergebietes liegt in dem nach Norden offenen Winkel zwischen der nordöstlich streichenden Bruchlinie des Erzgebirges und der in nordwestlicher Richtung bis zum Nordostabfalle des Fichtelgebirges fortsetzenden, sich hier durch den mächtigen Quarzgang von Haslau-Asch markirenden Böhmerwald-Dislocation. Weiter nach Norden wird dasselbe von Aufsattelungen der sich dort in nordöstlicher und nordwestlicher Richtung kreuzenden erzgebirgischen und thüringer Faltensysteme betroffen, mit denen ein enges Netz von Zerreissungen und von Dislocationen in Verbindung steht, durch welche dieser Theil des Vogtlandes mosaikartig zertrümmert wurde. Dieses dem Gebirgsdrucke der genannten zwei Faltensysteme seine z. Th. höchst verworrene Tektonik verdankende Terrain lieferte die Ausgangspunkte aller jener vogtländischen Erdbeben, welche, wie wir schon wiederholt auszuführen Gelegenheit genommen haben, auf Grund dieser ihrer primären Ursächlichkeit der Gruppe der tektonischen Beben zuzuzählen sind.

Spaltenbildungen und durch sie Zerlegung des Untergrundes in dislocirte Gebirgskeile, sowie Lockerung des Zusammenhanges durch intensive Zusammenstauchung haben jedoch nur die Vorbedingungen für seismische Erscheinungen geliefert, — haben mit anderen Worten jenes Gebiet nur für seismische Aeusserungen prädisponirt. Dass dagegen die plötzlichen Störungen der Lagerungsverhältnisse, also jene subterranen Lagenveränderungen grösserer oder kleinerer, durch Spalten und Risse isolirter Gesteinsschollen, welche die directe Veranlassung zur Entstehung jener Erdbeben gegeben haben, auf den Einfluss durchaus anderer, nämlich klimatischer und meteorologischer, wenn nicht z. Th. kosmischer Einwirkungen zurückzuführen sein mögen, wird durch nachstehende Darlegungen wahrscheinlich gemacht.[1])

1) C. W. v. GÜMBEL spricht sich auf S. 17 seines Aufsatzes „über die in den letzten Jahren in Bayern wahrgenommenen Erdbeben“ (Sitzber. d. math.-phys. Cl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 1898. Heft I) über die Ursächlichkeit der von ihm namhaft gemachten Erderschütterungen des Monat October und November 1897 wie folgt aus: „Ich halte dafür, dass durch die (auf der erzgebirgischen

Zunächst offenbart sich diese Unabhängigkeit unserer Erdbeben von etwa bis heute andauerndem Gebirgsschub durch die constante Verschiedenwerthigkeit in der Vertheilung dieser Erderschütterungen auf bestimmte Jahresabschnitte.

So zeigt die nebenstehende tabellarische Zusammenstellung in erster Linie, dass sich von den **22** vogtländischen Erderschütterungen der Jahre 1875 bis 1897, wie sie sich auf Seite 76 aufgezählt finden, nicht weniger als **16** auf die herbstliche und winterliche Zeit von Mitte September bis Anfang März concentriren, während die gesammten Monate vom April bis August nur **6** und zwar der Mai 4 und der Juli 2 Beben aufzuweisen haben. Das nämliche Abhängigkeitsverhältniss giebt sich im Stärkegrade der Beben kund. Von den 12 intensiveren und ausgedehnteren Erdbeben, welche das Vogtland betroffen und sich von ihm aus z. Th. bis zu grösserer Entfernung ausgebreitet haben, fallen nicht weniger als 10, nämlich diejenigen vom 23. Nov. 1875 (Nr. 1), 29. Sept. 1883 (10), — 20. Oct. 1883 (11), — 26. Decemb. 1888 (16), — 4. Febr. 1892 (21), — 21. Oct. 1892 (24), — 12. Nov. 1893 (28), — 27., 28. und 29. Febr. 1896 (28), — 7. Sept. 1897 (37), — 24. Oct. bis 29. Nov. 1897 in das Winterhalbjahr und nur je eines in den Monat Mai und Juli.

Das gleiche Verhältniss wiederholt sich in der zeitlichen Vertheilung der 16 Erdstösse im ausservogtländischen Sachsen, von denen sich (siehe Columne 2 der Tabelle auf S. 79) 13 in den oben genannten Herbst- und Wintermonaten, aber nur 3 in der Zeit vom April bis zum August und zwar auch hier wieder einer im Mai und zwei im Juli ereignen, wobei sich zugleich ebenso wie im Vogtlande die intensiveren und ausgedehnteren Erdbeben im Winterhalbjahre einstellen, nämlich das Dippoldiswalder Beben i. J. 1879 am 5. October und das erzgebirgisch-nordböhmische Beben i. J. 1896 vom 31. October bis 3. November.

---

und thüringischen Bruchzone erfolgten) Basaltausbrüche in nicht sehr beträchtlicher Tiefe Zerbröckelungen des Gesteins veranlasst wurden und nur schwach unterstützte Schollen entstanden von solcher Gleichgewichtslage, dass durch die geringste Beeinflussung eine Lagenveränderung derselben bewirkt werden konnte, wie es z. B. selbst durch meteorologische starke Schwankungen möglich ist. Solche hierdurch veranlasste Gesteinsniederbrüche innerhalb verhältnissmässig kleiner Strecken und geringer Tiefe am Südrande des Erzgebirges und der Kreuzung mit den Fichtelgebirgsklüften scheinen mir diese Erderschütterungen im Monat October und November bewirkt zu haben."

Zieht man endlich die Gesammtheit dieser 38 sächsischen Beben heran, so fallen von diesen nicht weniger als **29**, darunter 12 von grösserer Schütterstärke, auf die Monate September

Die Vertheilung
der sächsischen Erdbeben vom Jahre 1875 bis 1897 auf die Monate.

Monat	Erdbeben				Anzahl der Erdbebentage	Laufende Nummern auf S. 3—7 u. 81.
	im Vogtlande	im übrigen Sachsen	in's Gesammt	davon von grösserer Stärke		
September	3	—	3	2	3	10, 33, 37.
October und November	7	6	13	7	48	3, 9, 11, 12, 13, 24, 38; 1, 4, 18, 19, 25, 34.
December	3	3	6	1	6	5, 6, 7, 14, 16, 20.
Januar	—	2	2	—	2	15, 17.
Februar	2	1	3	2	5	21, 28, 29.
März	1	1	2	—	2	22, 30.
Gesammtzahl	**16**	**13**	**29**	**12**	**66**	
April	—	—	—	—	—	—
Mai	4	1	5	1	5	8, 26, 27, 31, 35.
Juni	—	—	—	—	—	—
Juli	2	2	4	1	4	2, 23, 32, 36.
August	—	—	—	—	—	—
Gesammtzahl	**6**	**3**	**9**	**2**	**9**	
in Summa	**22**	**16**	**38**	**14**	**75**	

bis März und nur 9 und unter diesen nur 2 kräftigere auf die Zeit von Ende März bis Anfang September. Innerhalb dieses sommerlichen Zeitraumes zeichnet sich sowohl im Vogtlande wie im Erzgebirge der Mai und Juli durch eine verhältnissmässig grosse Zahl von Beben aus, während im April, Juni und August innerhalb Sachsens seit 22 Jahren keine einzige Erderschütterung bemerkt wurde. In der winterlichen Periode hingegen sind die

Monate October, November und December durch Erdstösse, sowie durch intensive Erdbeben von z. Th. mehr-, ja vieltägiger Dauer bevorzugt.

Einen noch auffälligeren Ausdruck gewinnt diese anscheinende Gesetzmässigkeit, wenn man die Anzahl der Tage, auf welche sich jene 38 sächsischen Beben vertheilen, in Vergleich stellt, — gehören doch, wie die 5. Columne der Tabelle auf Seite 79 zeigt, von diesen 75 Erdbebentagen allein **66** den Monaten September bis März und nur 9 dem sommerlichen Abschnitte des Jahres an.

Noch viel schärfer als selbst die Concentration der seismischen Tage auf einzelne Jahresabschnitte ist, wie nebenstehende tabellarische Zusammenstellung lehrt, diejenige der Erdbeben auf gewisse Tageszeiten ausgeprägt.

Sieht man bei Fixirung der Eintrittszeit von dem in dieser Uebersicht unter Nr. 5 aufgezählten Peritzer Erdstosse am 4. October 1880 ab, weil dessen Zeitpunkt nicht genau bekannt ist, — abstrahirt man ferner vorläufig von dem unter No. 38 aufgeführten mehrwöchentlichen sächsisch-böhmischen Erdbeben im October und November 1897, so kommen vorerst 36 sächsische Erderschütterungen in Betracht.

Von diesen 36 Erdbeben haben sich nicht weniger als **31** in der Zeit zwischen 8 Uhr Abends und 8 Uhr Morgens ereignet und von diesen 21 in dem Zeitraume zwischen 12 Uhr Mitternacht und 8 Uhr früh. Diesen **31** auf Sachsen vertheilten Erschütterungen des nächtlichen Abschnittes stehen nur **5** im Laufe der Stunden 8 Uhr Morgens bis 8 Uhr Abends erfolgte Erbebungen gegenüber.

Schroffer noch markirt sich dieser Gegensatz in der zeitlichen Vertheilung der unter obiger Gesammtzahl inbegriffenen, in der Tabelle auf Seite 81 durch fetteren Druck der laufenden Nummern hervorgehobenen **21** vogtländischen Beben, von denen nur ein einziger, ganz localer Stoss in der mittäglichen Hälfte des Tages erfolgt ist, während **20** in den nächtlichen Abschnitt fallen.

Letzteres gilt zugleich auch von sämmtlichen intensiveren und ausgedehnteren sächsischen Erdbeben, denen gegenüber die 5 überhaupt am Tage erfolgten Erschütterungen an Stärke und Ausdehnung ganz in den Hintergrund treten.

Wollte man auch behaupten, dass bei dem Lärm und der

Tabellarische Uebersicht

über die Tageszeiten der sächsischen Erdbeben vom Jahre 1875 bis 1897.

Laufende Nummer (siehe S. 3 bis 7)	Erdbeben am:	Erdbebenzeiten: v. Abends 8 Uhr b. Morgens 8 Uhr		v. Morgens 8 Uhr b. Abends 8 Uhr	
		pm h. 8 — h. 12	am h. 12 — h. 8	am h. 8 — h. 12	pm h. 12 — h. 8
1	23. November 1875		h. 12,45		
2	17. Juli 1876				h. 1,20
3	5. October 1877		h. 4,15		
4	28. November 1878		h. 2,30		
5	4. December 1880	?			
6	12. December 1880			h. 11,45	
7	15. December 1880		h. 1 u. h. 3		
8	22. Mai 1881				h. 6,15
9	16. October 1881	h. 11,45			
10	29. September 1883	h. 10,40			
11	20. October 1883	h. 10,30			
12	22. October 1883		h. 4		
13	25. October 1883		h. 5,30		
14	19. December 1883	h. 8,30			
15	21. Januar 1884		h. 4		
16	26. December 1888		h. 12,15		
17	31. Januar 1889				h. 3,30
18	24. November 1889		h. 1,20		
19	8. November 1891		h. 3		
20	7. December 1891		h. 1,25		
21	4. Februar 1892	h. 10,15			
22	27. März 1892	h. 8,30			
23	9. Juli 1892			h. 12	
24	21. October 1892		h. 5,55		
25	12. November 1893		h. 1,50		
26	1. Mai 1894		h. 2,15		
27	19. Mai 1894		h. 7,3		
28	28. Februar 1896		h. 4,45; h. 7, — h. 7,45		
29	28. Februar 1896		h. 3,50		
30	6. März 1896		h. 2		
31	16. Mai 1896	h. 8,55			
32	19. Juli 1896		h. 12,29		
33	14. September 1896	h. 8			
34	3. November 1896	h. 9,5			
35	10. Mai 1897	h. 8			
36	15. Juli 1897		h. 7,10		
37	7. September 1897		h. 6,20		
38	24. Oct. bis 29. Nov. 1897. Hauptstösse: 25. Oct.	h. 9			h. 4,30 u. h. 4,50
	29. Oct.	h. 8 bis	h. 8 des 30.		
	7. Nov.		h. 4,58		
	16. Nov.		h. 7,10		
	17. Nov.		h. 6,30; h. 7,50		

Betriebsamkeit der Tagesstunden während derselben die eine oder andere Erschütterung der Beobachtung entgangen sei, so ist diese Möglichkeit doch bei den sich kräftiger bethätigenden Erdbeben ausgeschlossen, die, wie gezeigt, in Wirklichkeit sämmtlich der nächtlichen Periode angehören. Auf der anderen Seite wird die Beobachtung schwacher Erbebungen durch den Schlaf der Bewohner sicherlich in höherem Grade beeinträchtigt, als durch das in jenen Gebirgsgegenden im Allgemeinen wenig lärmende Treiben des Tages, so dass sich bei auch nächtlich unausgesetzter Beobachtung das Verhältniss der zeitlichen Vertheilung dieser Erschütterungen geringster Stärkegrade voraussichtlich noch mehr zu Ungunsten des Tages verschieben würde.

Das nämliche, eben dargelegte Verhältniss wie bei den 36 auf Sachsen und auf 22 Jahre vertheilten, bisher in Betracht gezogenen Beben gelangt in der 37tägigen Schütterperiode des October und November 1897 (No. 38 der Tabelle) zum Ausdrucke. Sämmtliche den Stärkegrad 5 erreichenden oder übersteigenden Hauptstösse derselben fanden zwischen 8 Uhr Abends und 8 Uhr Morgens statt. Nur zwei in kurzen Zeitzwischenräumen auf einander folgende, etwas weniger intensive Erschütterungen vom Stärkegrad 4—5 ereigneten sich Nachmittags zwischen h. 4,30 und h. 4,50. Ausserdem aber concentrirten sich, wie dies in der graphischen Darstellung auf Tafel V mit grösster Bestimmtheit zum Ausdrucke gelangt, die bei weitem grösste Mehrzahl der schwächeren Stösse und der leisen Erschütterungen auf die nächtliche Tageshälfte und zwar zeitweilig und local in solchem Maasse, dass beispielsweise in Erlbach östlich von Markneukirchen in der Frühe des 30. October zwischen h. 2 und h. 7 nicht weniger als 108 Stösse gezählt und in Graslitz in der Nacht vom 29. zum 30. October 120 Stösse und von diesen allein 90 in der Zeit zwischen Mitternacht und früh h. 5 des 30. October registrirt wurden. In den nämlichen morgendlichen Zeitabschnitt des 1. November fallen dort 15 und in denjenigen des 16. November 25 Stösse.

Aus obigen Erörterungen ergiebt sich:

dass die Ausgangspunkte der sächsischen und speciell der vogtländischen Erdbeben der Jahre 1878 bis 1897 an Gebiete

grösserer tektonischer Störungen gebunden sind, dass sie selbst deshalb der Gruppe der tektonischen Beben zuzuzählen sind,

dass aber diese tektonischen Störungen (Dislocationen) jene Gebiete nur zur Erdbebenentstehung prädisponirt haben, während die Erregung der seismischen Thätigkeit selbst in anderen Agentien als dem gebirgsbildenden Druck zu suchen sein dürfte. Dies wird dadurch wahrscheinlich gemacht,

dass die sächsischen und mit ihnen die vogtländischen Erdbeben sowohl in ihrer Zahl, wie in ihrer Intensität einer gewissen Periodicität unterworfen sind, indem sie sich in beiden Beziehungen concentriren:

1. auf den den Winter einschliessenden Jahresabschnitt vom September bis März und zwar namentlich auf die Monate October, November und December,

2. auf den die Nacht einschliessenden Tagesabschnitt von 8 Uhr Abends bis 8 Uhr Morgens und zwar namentlich auf die Zeit von Mitternacht bis früh 8 Uhr.

Die Ursächlichkeit dieser Periodicität der bisher registrirten sächsischen Beben, auf die sich, wie betont wird, die obigen Darlegungen ausschliesslich und ohne Verallgemeinerung beschränken, also eine etwaige Abhängigkeit dieser seismischen Ereignisse von Einflüssen des Klimas, des Luftdruckes, der Niederschlagsmenge und von Constellationen bereits jetzt erörtern zu wollen, wäre ein verfrühtes Unternehmen. Erst wenn einem derartigen Versuche die Resultate der noch längere Jahre hindurch in dem gleichen Schüttergebiete fortgesetzten Erdbebenbeobachtungen zu Grunde gelegt werden können, mag derselbe zu klärenden Ergebnissen führen.



Graphische

d

Intensität und zei

d

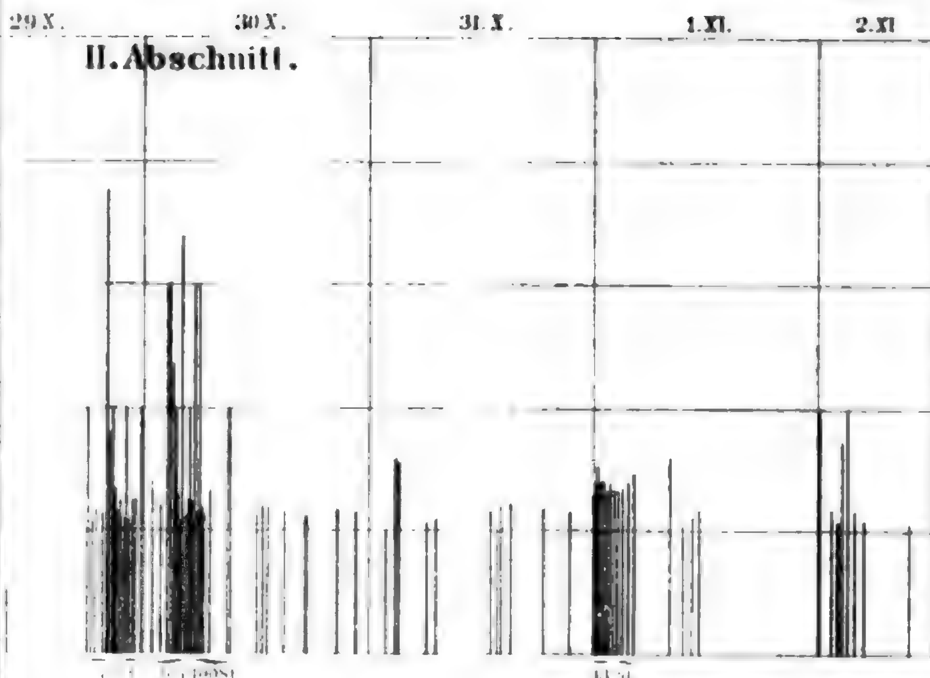
makroseismischen

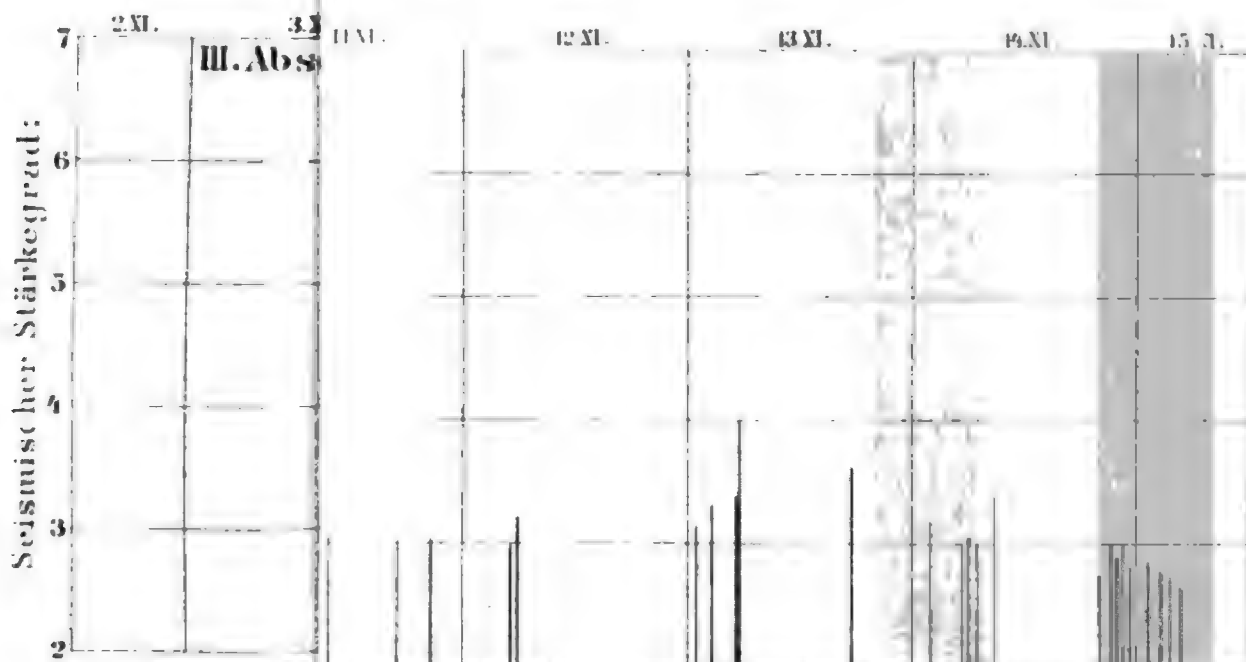
im Hauptschüttergebiete

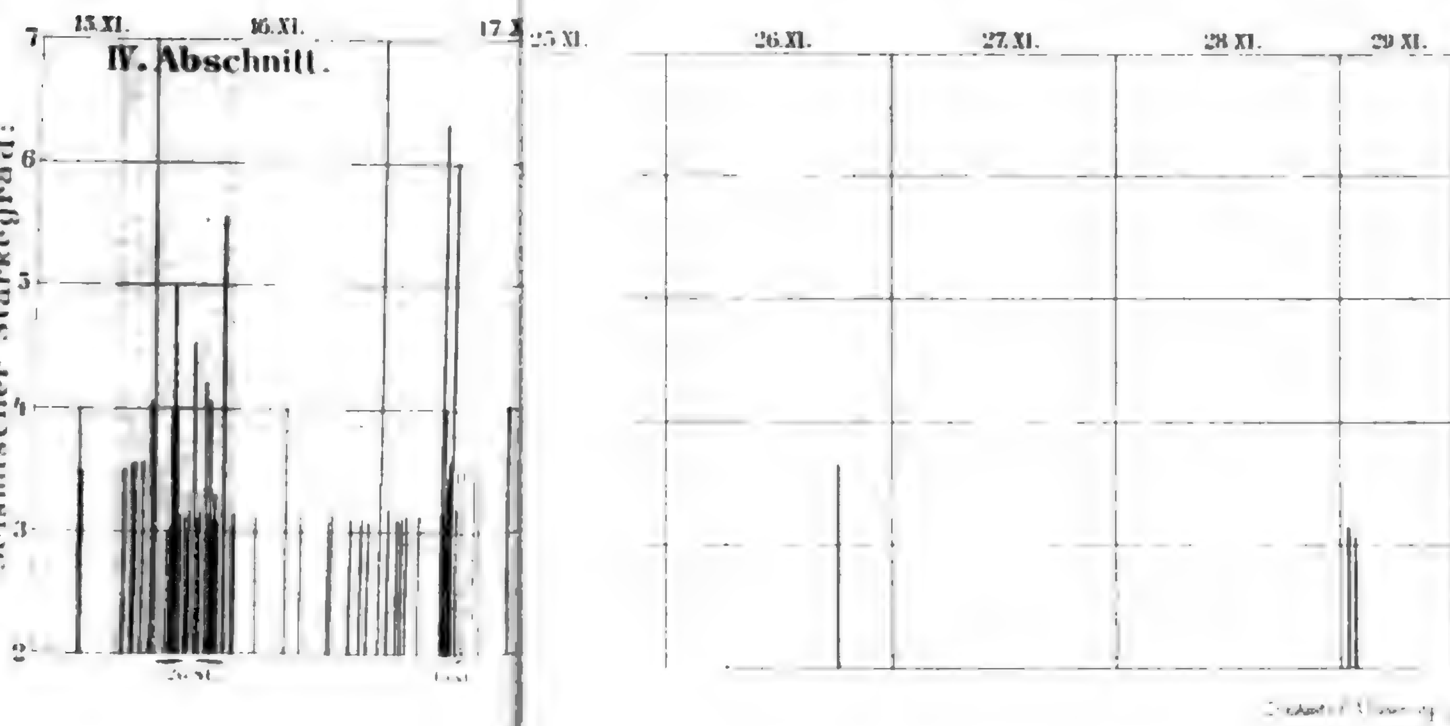
Erdb

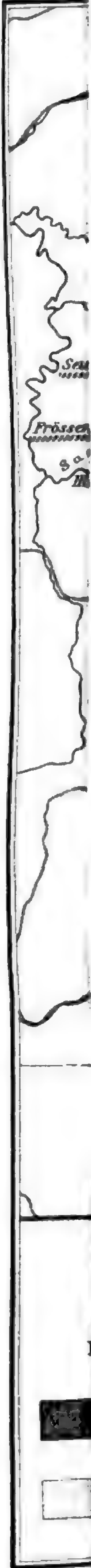
vom 24. Oktober bis

Zeitraum zwi








Abhandl. d.
Frössen
Geograph.

ÜBER

ZELLEN- UND SYNCYTIENBILDUNG.

STUDIEN AM SALMONIDENKEIM

VON

WILHELM HIS.

Des XXIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe
der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

Nº V.

MIT 41 FIGUREN IM TEXT.

LEIPZIG
BEI B. G. TEUBNER.
1898.

Das Manuscript eingeliefert am 30. Juli 1898.
Der Abdruck vollendet am 25. October 1898.

ÜBER

ZELLEN- UND SYNCYTIENBILDUNG.

STUDIEN AM SALMONIDENKEIM

VON

WILHELM HIS.

Die nachfolgende Studie hat sich als selbständiges Glied aus einer vor mehreren Jahren begonnenen Arbeit abgelöst. Im Anschluss an Forschungen über die Periblastbildung im Ei von Selachiern habe ich an meroblastischen Eiern anderer Wirbelthiere das Verhalten zwischen Keim und Dotter klar zu stellen gesucht und selbstverständlich meine Untersuchungen auch auf die, seit AGASSIZ und WHITMAN gerade mit Rücksicht auf Periblastbildung viel durchforschten Knochenfischeier ausgedehnt. Dabei bin ich auf Verhältnisse gestossen, die nur in Verbindung mit der allgemeinen Zellenlehre behandelt werden konnten, und so musste ich meiner Arbeit eine Richtung geben, die über das ursprünglich gestellte Specialziel hinausgeführt hat.

Die von mir behandelten Entwickelungsstufen des Salmonidenkeimes sind schon von HENNEGUY (1882 u. 1891)[1]) sorgfältig bearbeitet worden. Ein Aufsatz von BLANC[2]) bezieht sich auf die vorangegangene Zeit der Befruchtung, ein neuerer von R. W. HOFFMANN[3]) behandelt die Zellen bereits gebildeter Salmenembryonen. HENNEGUY hat einen grossen Theil der Bilder gesehen, die ich im Nachfolgenden zu beschreiben habe, das frühe Auftreten der Astrosphären, das Vordringen ihrer Strahlen zu den Chromosomen des Kernes, die Ausweitung des hellen Innenhofes während der Anaphase, das Vorhandensein eines Syncytiums an der Keimbasis, dessen allmählige Auflösung in Zellen und die pluripolaren Mitosen im zurückbleibenden Periblast. Hinsichtlich der Centrosomen sind HENNEGUY's Präparate günstiger gewesen, als die meinigen, in anderen Punkten gehen meine Beobachtungen über die meines Vorgängers hinaus. Mein Material waren Lachs- und Forelleneier;

1) HENNEGUY 1891 Nouvelles Recherches sur la division cellulaire indirecte Journ. de l'Anat. et de la Physiol. Bd. 27 und Leçons sur la Cellule.

2) H. BLANC 1896 Étude sur la fécondation de l'oeuf de la Truite. Berichte der naturf. Ges. in Freiburg i. B.

3) R. W. HOFFMANN Ueber Zellplatten und Zellplattenrudimente Z. f. wiss. Zool. Bd. 63. S. 379.

neben den allgemein üblichen Fixationsmitteln (Sublimatlösung, Salpetersäure und Pikrinschwefelsäure) habe ich neuerdings mit besonderem Nutzen ein von BLANC vorgeschlagenes Pikrinessigsäuregemisch angewandt. Als Färbungsmittel habe ich mit Vorliebe die für Plasmastructuren so vorzügliche Eisenhämatoxylinmethode benützt. Ich habe auch viel photographirt, und ich denke von diesem wissenschaftlichen Hilfsmittel höher als W. FLEMMING, der den photographischen Apparat als einen Dornenbusch bezeichnet, von dem sich keine Feigen ernten lassen[1]). Ich bestreite zwar nicht, dass das Photographiren zu nutzloser Spielerei herabsinken kann, im Uebrigen aber theile ich mit manchen ernsthaften Forschern die Ueberzeugung, dass selbst bei feineren Untersuchungen die Photographie von hohem Werthe zu sein vermag, und dass sie uns Verhältnisse enthüllen kann, die wir bei directer Beobachtung der Präparate nicht beachten. Dabei kommt wohl in erster Linie die grössere Uebersichtlichkeit der dargebotenen Bilder in Betracht, sowie die Möglichkeit, sie jeder Zeit vor Augen haben und in Ruhe controlliren zu können. Ferner ist das Differenzirungsvermögen der photographischen Platte nicht zu unterschätzen. Indem die Lichtempfindlichkeit der Platte eine andere ist, als die unseres Auges, bringt sie eine andere Vertheilung der optischen Effecte und dies in erhöhtem Maasse, wenn wir die Negativplatte betrachten. Starke Linsen wirken überdies dadurch differenzirend, dass sie aus einem gegebenen Schnitte nur eine unmessbar dünne Ebene heraus heben und scharf zeichnen, das Uebrige nur in groben Zügen wiedergebend. Zur Aufnahme von Schnitten mache ich mit Vorliebe von hart arbeitenden, sog. Kupferdruckplatten Gebrauch, und ich copire auch viel auf hartem, sog. Rembrandtpapier. Eigenthümliche Bilder kann man gewinnen, wenn man, neben vollständig durchcopirten, auch untercopirte Abzüge herstellt. Diese greifen aus dem Gesammtbild gewisse Hauptsachen heraus, z. B. aus einer Theilungsfigur die dunkeln Chromosomen, oder aus einem Plasmagerüst die gröberen zur Membranbildung sich anschickenden Bälkchen. Sie geben also in vielen Fällen ein vereinfachtes und entsprechend klareres Bild, als die vollkommene Copie. — Ich kann nicht umhin, auch noch auf den Werth der Projection, sowohl von Negativplatten, als von Dia-

1) FLEMMING 1897 Morphologie der Zelle, MERKEL u. BONNET Ergebnisse S. 209.

positiven hinzuweisen. Was oben von Photogrammen überhaupt gesagt wurde, dass sie vermöge ihrer Uebersichtlichkeit aufklärend wirken, das gilt in erhöhtem Maasse von projicirten Photogrammen. Dank der hohen Ausbildung der praktischen Optik ist es heute leicht, gute Aufnahmen zarter mikroskopischer Objecte bei 800—1000 facher Vergrösserung herzustellen und diese wieder 40—50 fach vergrössert auf eine Wand zu projiciren. Subtile Zellstructuren, Centrosomen, Strahlungen, Spindeln u. dgl. in 40—50000 facher Vergrösserung handgreiflich vor sich zu sehen, das gewährt dem Beschauer nicht nur einen eigenthümlichen ästhetischen Genuss, sondern zugleich die Möglichkeit, sich gewissermaassen mit neuen Augen in den Gegenstand vertiefen zu können.

Keim und Dotter im Beginn der Furchung.

Zur bequemeren Darstellung unterscheide ich folgende Furchungsstufen:

F 0. Der Keim ist noch scheibenförmig ausgebreitet und geht ohne scharfe Grenze in die Rindenschicht über.

F 1. Der Keim hebt sich als Hügel vom Dotter und von der diesen umgebenden Rindenschicht ab, die ersten Furchen treten auf.

F 2. Der Keim wird dreischichtig, die Flächendurchmesser der Blastomeren betragen im Mittel 160 μ.

F 3. Der Keim wird 5—6 schichtig, die Flächendurchmesser der Blastomeren sind im Mittel 80 μ.

F 4. Der Keim ist 8—10 schichtig, Flächendurchmesser der Blastomeren ca. 50 μ.

F 5. Zahl der Schichten 12—14, mittlerer Durchmesser der Blastomeren ca. 35 μ; der Periblast scheidet sich vom zelligen Keim durch eine Spalte, die Keimhöhle.

F 6. Der mittlere Durchmesser der Zellen geht auf 22—25 μ herunter, die Schichtenzahl steigt auf ungefähr 16. Der Keim, dessen obere Zellen nunmehr zu einer geschlossenen Deckschicht verbunden sind, beginnt, sich an seinem freien Rande abzuflachen, während sich die stärker gewölbte Basis in eine grubenförmige Vertiefung des Periblasts einsenkt.

Von da ab schliesst die eigentliche Furchungsperiode ab und die Formungsperiode beginnt. Der Keim dehnt sich mehr und mehr aus, sein Rand endigt zugeschärft und schliesst sich ohne

trennende Furche direct an den Keimwall an. Meine nachfolgende Darstellung geht nur wenig über die Furchungsperiode hinaus und die Frage über die Schicksale des Periblastes werde ich bei späterer Gelegenheit behandeln. Im Uebrigen bemerke ich zur Orientirung, dass bei der Forellenreihe, die ich bei der vorliegenden Arbeit benutzt habe, die Keime von 2 Tagen sich auf Stufe F 1 befanden, die von $2\frac{1}{2}$ Tagen auf F 2, die von 3 Tagen auf F 3, von $3\frac{1}{2}$ Tagen auf F 4, von 4 Tagen auf F 5 und von $4\frac{1}{2}$ und 5 Tagen auf F 6.

Gleich den Eiern anderer Wirbelthiere ist das der Knochenfische während der frühesten ovarialen Entwickelungsstufen eine das Keimbläschen umschliessende protoplasmatische Vollkugel. In dieser treten, erst vereinzelt, dann in reichlicheren Mengen die Elemente des Nebendotters oder Deutoplasmas auf, und nun wird das Protoplasma aus dem Binnenraum der Kugel peripheriewärts verdrängt. Es dehnt sich schliesslich zu einer Hohlkugel aus, deren Innenfläche in protoplasmatische Fortsätze ausläuft, die Reste des von den Deutoplasmatheilen auseinander getriebenen Fachwerkes. Auch diese Fortsätze können weiterhin schwinden, während die protoplasmatische Hohlkugel mehr und mehr einseitig sich zu verdicken, d. h. in Keim und in Rindenschicht zu theilen pflegt. Wir erhalten also drei, unter sich zusammenhängende Glieder des ursprünglichen Protoplasmakörpers:

1) den Keim,
2) die peripherisch sich ausbreitende Rindenschicht,
3) die inneren Plasmafortsätze.

Der Keim hebt sich bekanntlich bei allen Knochenfischeiern kurz nach dem Eintritt ins Wasser, bez. kurz nach deren Befruchtung als scheibenförmiger Hügel von seiner Umgebung ab, und an ihm erfolgt weiterhin die Furchung[1]). Anfangs enthält auch er allein die aus dem Furchungskern hervorgehenden Kerne.

An den grossen Eiern vom Lachs und von der Forelle hat sich schon beim Eintritt der Furchung fast die gesammte Masse des vorhandenen Protoplasmas im Keim angesammelt. Die Rindenschicht ist dünn, und die inneren Protoplasmafortsätze sind auf

1) Bei den einzelnen Fischspecies scheint, soweit dies aus den Angaben der Forscher hervorgeht, der Zeitpunkt der Keimsonderung etwas zu wechseln. Eine sorgfältige Zusammenstellung der hierüber gemachten Angaben findet sich bei KUPFFER Entw. des Herings im Ei 1875 S. 184 ff.

ein niedriges Substanzgerüst reducirt, das die Unterfläche des Keimes umfasst.

Bei kleineren Fischen scheint dies anders zu sein. So schildert v. Kowalewski[1]) für das Ei der Goldfische und Teleskopen eine durch die gesammte Dotterkugel sich erstreckende Ausbreitung von Plasmasträngen, die verschiedenartig mit einander anastomosiren. Nach dem Eintritt der Eier ins Wasser beginnt das Plasma in der Richtung nach dem Keimpol hin zusammen zu strömen. Dieser Process soll bei den genannten Fischen bis gegen Ende der Furchung andauern und zur Bildung neuer Zellen führen, die von unten her in den Keim eindringen. Auf letztere, meines Erachtens zu weit gehende Angabe v. Kowalewski's werde ich nachher zurückkommen. Jedenfalls steht soviel fest, dass sich der Keim vor Beginn und während der allerersten Phasen der Furchung weder an seiner Peripherie, noch an seiner Unterfläche scharf abgrenzt, durchweg löst er sich in ein von Dotterbestandtheilen durchsetztes Plasmagerüst auf. Die grösseren Maschen dieses Gerüstes enthalten gefärbte Fetttropfen, in den kleineren liegen die verschiedenen Formen von Dotterkörnern.

Die von zahlreichen Forschern im Innern durchsichtiger Eier beobachteten Vorgänge geben Aufschluss über die vom lebenden Keimplasma ausgeführten Bewegungen. Seine nach der Entleerung aus dem Ei nachweisbare zähflüssige Beschaffenheit habe ich selber vor Jahren beschrieben[2]). Das nach Herausnahme aus dem Ei zerfliessende Keimplasma breitet sich in Strängen aus, die unter einander zusammenhängende Netze bilden, und die zum Theil in Fäden von unmessbarer Feinheit sich ausziehen. Nach Eintritt der Furchung bleiben die einzelnen Zellen noch während geraumer Zeit ausnehmend beweglich und bieten ein classisches Object für das Studium lebender Zellen. Soweit lebendes Keimplasma dem Dotter anliegt, pflegt es mit wechselnden Formen dessen Bestandtheile zu umfliessen und sie in sich aufzunehmen, um sie weiterhin zu verdauen und zu assimiliren. Am ausgiebigsten ist die Berührungsfläche in der allerersten Zeit, bevor sich der Keim als Hügel über seine Umgebung erhoben hat. Zu der Zeit

1) M. v. Kowalewski 1886 Zeitschr. für wiss. Zool. Bd. 43. S. 444 ff. Nr. 1 der obigen Aufzählung bezeichnet v. K. als Ectoblast, Nr. 2 als Entoblastrinde, Nr. 3 als Entoblastgerüst.

2) His 1873 Ei-Entwickelung bei Knochenfischen S. 5 u. Taf. I Fig. 3 u. 4.

geht er noch in gleichem Niveau und ohne erkennbare Grenze in das Rindenplasma über. Die von ihm umschlossenen Fetttropfen und Dotterkörner nehmen im dickeren Mitteltheil der Scheibe deren untere Schicht ein, im verdünnten Randtheil treten sie bis dicht an die obere Fläche heran[1]). Wenn sich aber während der nachfolgenden Furchungsstufen in höher gelegenen und vom Dotter abgerückten Zellen noch zahlreiche gröbere Dotterkörner und selbst einzelne grosse Fetttropfen vorfinden, so sind diese Einschlüsse als unverdaute Reste zu deuten, die noch aus der Zeit stammen, da die Verbindungsfläche des Keimes mit dem Dotter breit und seine Dicke geringer war. Ist dieser mitgebrachte Stoffvorrath aufgezehrt, so können die vom Dotter abgerückten Zellen ihn nicht wieder ersetzen. Im Keime scheiden sich alsdann eine untere Schicht, die dem Dotter aufliegt und die noch andauernd neues Material aus ihm aufnehmen kann, und eine höher gelegene Schicht, deren Zellen von der directen Nahrungszufuhr abgeschnitten sind.

Keimgewölbe und Keimbasis, der Properiblast (Stufe F 1).

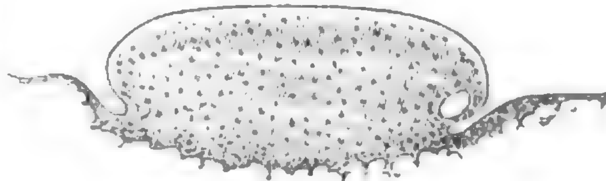
Noch ehe die ersten Furchen auftreten, hebt sich der Keim als Hügel über seine Unterlage empor, und er schnürt sich in der Folge durch eine ringförmige Furche von dieser etwas ab. Er bekommt dadurch einen freien, lippenartig hervortretenden Rand. Mit dieser bestimmteren Abgrenzung des Keimes verschärft sich auch der Gegensatz zwischen seiner frei hervortretenden gewölbten Oberfläche und seiner dem Dotter aufliegenden Basis[2]). Die Oberfläche des freien Gewölbes ist von einer Grenzschicht membranartig umsäumt. An der Basis fehlt ein solcher Saum (Fig. 1 u. 2).

Die Basis des Keimhügels setzt sich in die Rindenschicht fort, die in der Regel rasch sich verjüngend, dem Keimhügel nach Art eines Mützenschirmes anzuhaften pflegt. Diesen noch kern-

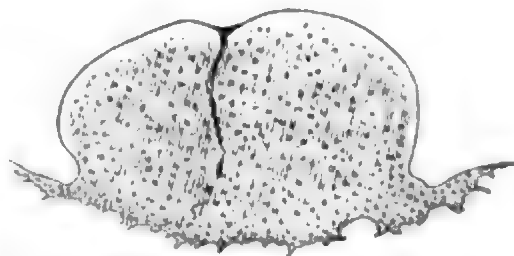
1) Abbildungen hierfür habe ich im oben citirten Buche Taf. I Fig. 1 u. 2 u. Fig. 7 gegeben.

2) In Basel hat mir, als ich während der Jahre 1868—1871 über Fischeier arbeitete, ein mannigfaltiges und frisches Material zu Gebot gestanden, und aus jener Zeit bewahre ich noch eine Anzahl von Schnitten über unbefruchtete und frisch befruchtete Eier. Hier in Leipzig, wo ich die Eier von auswärts beziehen muss, habe ich bis jetzt keine jüngeren als 2tägige bekommen können (Stufe F 1 obiger Aufzählung). Darunter finden sich immer einzelne, die unbefruchtet geblieben sind, an denen aber der Keim gleichwohl hügelförmig abgegrenzt erscheint.

freien Plasmasaum des Keimes werde ich im Nachfolgenden als **Properiblast** bezeichnen[1]). An Durchschnitten desselben Keimes kann der schirmartige Properiblast nach Breiten- und Dicken-Ausdehnung sehr wechseln. Dies ist leicht zu verstehen, da er nicht eine geschlossene Platte von gleichmässiger Dicke darstellt, sondern ein von Dotterbestandtheilen durchsetztes Fachwerk. Je nachdem der senkrechte Schnitt einen protoplasmatischen Strang, oder Dotterkörner oder Fetttropfen trifft, wird das Bild wechseln. An Stellen letzterer Art kann der Properiblast als sehr dünne Schicht sich darstellen. Stets bleibt aber seine freie Oberfläche von einer feinen Grenzhaut umzogen, die ununterbrochen in die Grenzhaut des Keimes oder seiner Theilstücke sich fortsetzt.


Fig 1. Senkrechter Durchschnitt eines befruchteten Forellenkeimes. Vergr. 50fach.

Die ersten Furchen schneiden nicht durch die ganze Dicke des Keimhügels durch. Auf den Stufen der 4. bis 12. Theilung unterscheiden wir daher am Keim eine obere, in Zellen gesonderte Schicht und eine untere, die noch keine getrennten Zellen zeigt. In meinen früheren Arbeiten habe ich diese Verhältnisse besprochen und auch den photographirten Durchschnitt eines auf solch früher Stufe befindlichen Lachskeimes mitgetheilt[2]). An jener Figur aber und an den noch in meinem Besitz befindlichen Präparaten erscheint, wie ich jetzt ergänzend hervorheben muss, die untere Keimhälfte keineswegs ganz ungegliedert. Sie besteht aus mehreren (am mitgetheilten Schnittbild aus fünf) durch helle Zwischenstrassen von einander getrennten Feldern, deren jedes einem Furchungssegment gleich zu setzen ist.


Fig 2. Senkrechter Randschnitt eines Lachskeimes von Stufe F 1. Vergr. 50fach.

1) Agassiz u. Whitman, von denen das Wort Periblast stammt, haben darunter auch die von Anfang ab vorhandene kernlose Protoplasmarinde verstanden. In dem Sinn sagen sie vom Keim: «Its margin thikens up at the expense of the periblast». Proc. of the American Acad. of Art and Science Vol. XX Aug. 1884 S. 46.

2) His 1878 Archiv f. An. u. Entwg. Taf. IX Fig. 8.

Oben sind diese Segmente auf kurze Strecken durch Grenzhäute von einander geschieden, unten hängen sie noch untereinander zusammen, und sie sind hier mit grossen Dotterkörnern beladen. Der Keim besteht demnach nicht aus einer gefurchten und einer ungefurchten, sondern aus einer vollkommen und einer unvollkommen gefurchten Schicht. Letztere bildet zur Zeit die Keimbasis.

An diese älteren Beobachtungen kann ich nun meine neueren, mit modernerer Technik ausgeführten anschliessen. Ich beginne mit der Besprechung von Forellenkeimen von 2 Tagen, die ich gleich den eben erwähnten Lachskeimen der Stufe F 1 zuzähle. Die Blastomeren besitzen noch Durchmesser von 250 μ und dar-

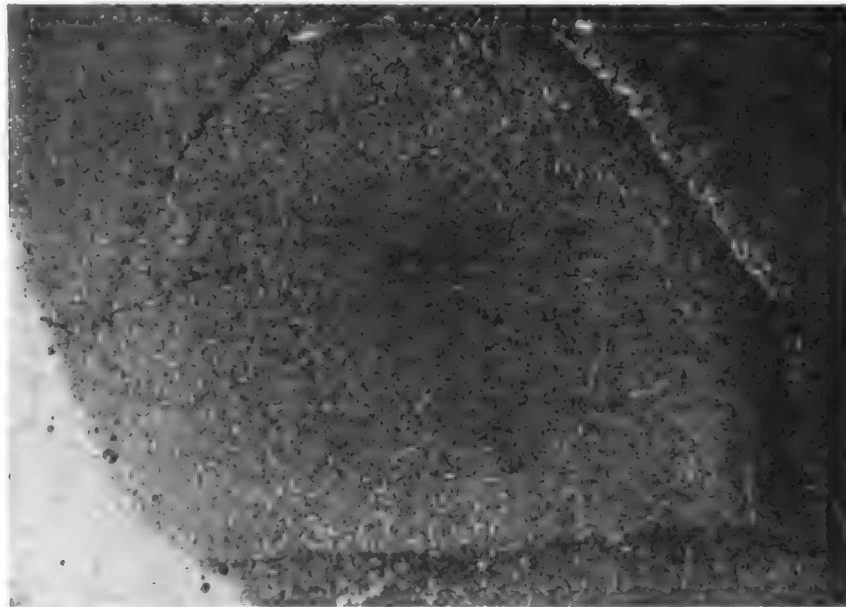


Fig. 3. Flachschnitt einer Forellenblastomere von Stufe F 1. Man sieht die Astrosphäre mit Centrosom, hellem Innenhof, Verdichtungs- und Strahlenhof. Vergr. 250fach.

über, und sie sind nur in der oberen Keimhälfte durch Grenzhäute von einander geschieden. Das Plasma der bereits abgegliederten Zellen ist sehr dicht und stark tingirbar, d. h. es ist das Morphoplasma verhältnissmässig noch sehr reichlich vorhanden. In der peripherisch gelagerten Hauptmasse der Zellenleiber sieht bei schwächeren Vergrösserungen das Protoplasma feinkörnig und auffallend gleichmässig aus; bei stärkerer Vergrösserung erkennt man in ihm ein dichtes Gerüst von äusserst feinen, mit zahlreichen Körnchen besetzten Fäden, ein Mitom im Sinn FLEMMING's. Ein hyaliner Randsaum pflegt an bereits abgegrenzten Zellen nur andeutungsweise vorhanden zu sein, oder wohl auch ganz zu fehlen. Dagegen finden sich zwischen den Blastomeren

der unteren Keimhälfte, anstatt membranöser Zwischenwände, schmale Strassen, in deren Bereich das Gerüst etwas aufgelockert und daher durchsichtiger ist.

Alle Blastomeren, sowohl die der oberen, als die der unteren Keimhälfte, zeigen in ihrem Innern sehr ausgeprägte Strahlungen. Die einzelnen Strahlensysteme gruppiren sich um central gelegene Höfe, die sog. Sphären, herum, die noch eine weitere Gliederung in einen hellen Innenhof und einen dunkleren Verdichtungshof erkennen lassen. In den Innenhöfen treten an manchen der Präparate als gesonderte Bildungen Centrosomen in Form von etwas dunkleren Körnern hervor. Peripherisch verlieren sich die Strahlen im engmaschigen Flechtwerk des diffusen Protoplasmas (Fig. 3 u. 4). Für descriptive Zwecke scheint es mir am einfachsten, die verschiedenen concentrisch sich umlagernden Höfe nach ihrem Aussehen zu bezeichnen[1]). Ich unterscheide also:

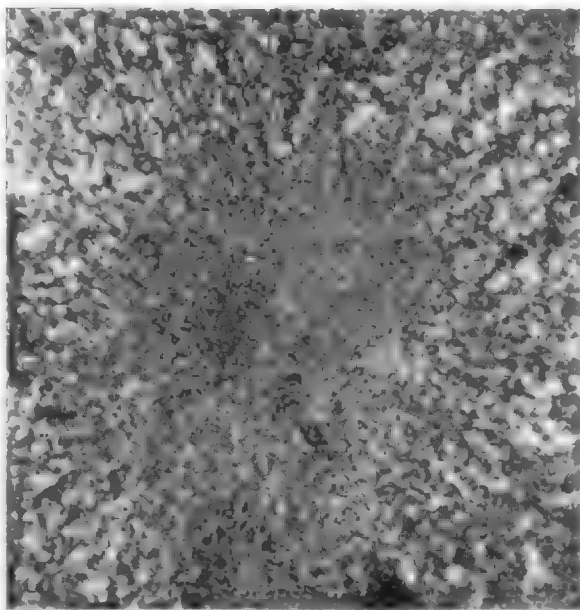


Fig. 4 eine ähnliche Stelle wie Fig. 3 bei stärkerer Vergrösserung.

einen helleren Innenhof oder eine Area lucida,

einen dunkleren Verdichtungshof oder eine Area opaca,

einen Strahlenhof oder eine Area radiata und

einen Hof von Gerüstsubstanz oder eine Area reticularis.

Die Gesammtheit der nach einem Centrum hin convergirenden Strahlen erfüllt einen kugligen Raum und verdient daher den Namen einer Strahlenkugel oder Astrosphäre. Je zwei Strahlenkugeln pflegen einem Kerngebiet zugetheilt zu sein und Spindeln mit anliegenden Chromosomenkränzen einzuschliessen.

Die Länge der Spindelaxe oder der Abstand (CC') zwischen

1) Eine Zusammenstellung der von den Autoren für die verschiedenen Höfe gebrauchten Bezeichnungen habe ich in meinem Aufsatz über den Periblast der Selachier (Arch. f. Anat. u. Entwg. 1897 S. 19) gegeben. Das Wort Astrosphäre ist hier in weiterem Sinne gebraucht als dort, und die schematische Figur jener Zusammenstellung reicht für obige Befunde überhaupt nicht aus.

den Mittelpunkten zweier zusammengehöriger Astrosphären ist durchweg kürzer, als der Durchmesser ($2R$) der letzteren ($CC < 2R$).



Fig. 5. Aus einem Forellenkeim von Stufe F 1. Astrospharen, Spindel und Aequatorialplatte. Vergr. 250fach.

Demnach müssen sich die Gebiete der beiden Sphären theilweise überdecken. Wo dies geschieht, da durchkreuzen sich die beider-

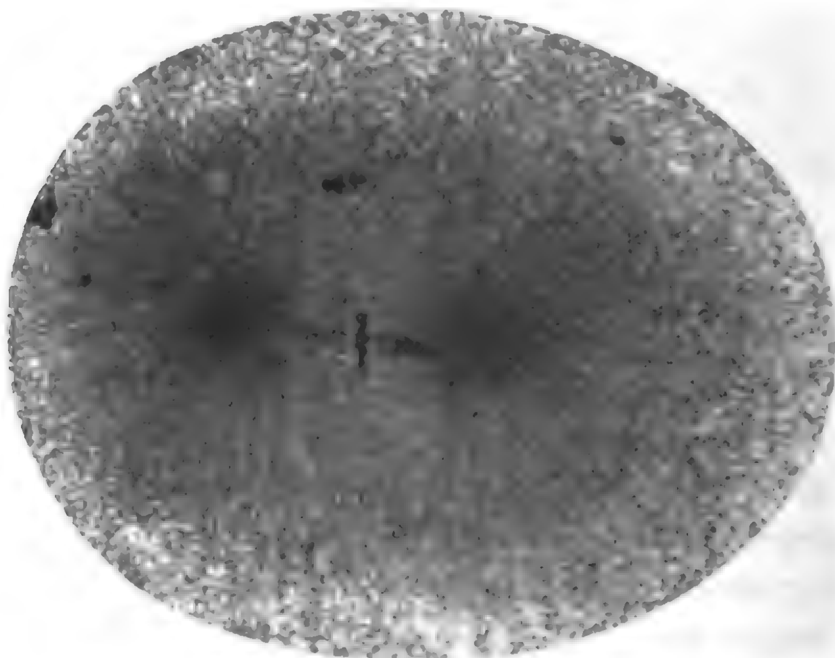


Fig. 6. Dasselbe Object bei stärkerer (500facher) Vergrösserung

seitigen Strahlen und zwar unter um so stumpferen Winkeln, je näher sie an den Verbindungslinien beider Centren liegen, schliesslich gehen sie in die Strahlen der Spindel über. Hier sind sie

Die Autotypien Fig. 3, 4, 5 u. 6, die sich im Textdruck nicht mit hinreichender Schärfe haben reproduciren lassen, werden auf dieser Tafel noch einmal wiederholt.



Fig. 3. Flachschnitt einer Forellenblastomere von Stufe F 1. Man sieht die Astrosphäre mit Centrosom, hellem Innenhof, Verdichtungs- und Strahlenhof. Vergr. 250fach.

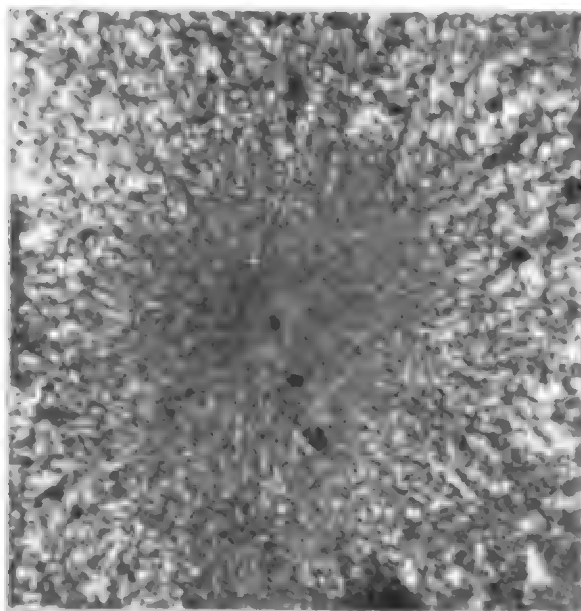


Fig. 4 eine ähnliche Stelle wie Fig. 3 bei stärkerer Vergrösserung.



Fig. 5. Aus einem Forellenkeim von Stufe F 1. Astrosphären, Spindel und Aequatorialplatte. Vergr. 250fach.



Fig. 6. Dasselbe Object bei stärkerer (500facher) Vergrösserung.

dicht zusammengedrängt, und die Spindel hebt sich von der übrigen Sphäre durch etwas dunklere Färbung ab (Fig. 5 u. 6).

Die verschiedenen Höfe der Sphären sind unscharf von einander abgetrennt und sie wechseln bedeutend in ihren absoluten und selbst in ihren relativen Maassen. Periodenweise sind sie auf minimale Durchmesser reducirt, periodenweise wieder ausgeweitet. Es wechseln also systolische und diastolische Phasen. Auf die genauere Erörterung dieser Verhältnisse werde ich unten zurückkommen.

Das Syncytium der Keimbasis (Stufe F 2).

Auf der nun folgenden Stufe F 2 ($2\frac{1}{2}$ Tage alt) zeigt der Forellenkeim drei über einander geschichtete Lagen von Blastomeren, deren Flächendurchmesser meistens um 160 μ herum betragen. Nur die obere Schicht besteht aus selbständig abgegrenzten Zellen. Die Elemente der mittleren Schicht hängen mit denen der unteren, und diese unter sich zusammen. Der grössere Theil des Keimes steht somit noch auf der Stufe eines Syncytiums. Sein Protoplasma ist auch jetzt noch sehr dicht und stark tingirbar, aus feinen, mit Körnchen besetzten Fäden gebildet. Die Zellen der oberen Schichten, deren z. Z. etwa 6 auf einen Scheibendurchmesser kommen, zeigen durchweg sehr dichte und feine Strahlungen. Die Strahlen breiten sich bis in die Nähe des Zellenrandes aus und lösen sich dann in ein feines körnerreiches Netzwerk auf. Der schmale äussere Rand der Zellenleiber, in dem dies Netzwerk liegt, ist etwas durchsichtiger, als der Innentheil, und in ihm zerstreut liegen grössere Dotterkörner. Da wo Kern- und Zellentheilungen in ihm erfolgt sind, reichen die Spindelreste oder sog. Verbindungsfasern als straffe Fasern von beiden Seiten her bis zur Zellengrenze heran, sich gegenseitig begegnend. Die neu entstehende Zellenwand schneidet zwischen ihnen durch.



Fig. 7. Forellenkeim von Stufe F 2, Randtheil senkrecht geschnitten. Vergr. 100 fach.

Ein Theil der Präparate zeigt abgeschlossene, andere aufge-

löste Kernformen. Auch die abgeschlossenen Kerne sind nicht regelmässig geformt, sondern höckerig, wie aus mehreren Stücken bestehend[1]), chromatinreich und von einem hellen Hof umgeben. Wie die eingehendere Untersuchung ergiebt, so handelt es sich um Reconstructionsformen, im Uebergang vom Dispirem zur Form des ruhenden Kernes, d. h. um die unten zu besprechenden Karyoblasten. Die Zellen der oberen Schicht liegen im Allgemeinen dicht zusammengedrängt, nur stellenweise kleine Lücken zwischen sich frei lassend. Nach der Tiefe zu treten weitere intercelluläre Zwischenräume auf.

Die Blastomeren der tieferen Keimschicht zeigen auch ihrerseits wohlausgeprägte Strahlungen und Uebergang der Strahlen in ein engmaschiges Randnetz. Allein die Netze benachbarter Territorien hängen untereinander zusammen und bilden zwischen den einzelnen Strahlungsgebieten hellere Zwischenstrassen, die schon bei schwächerer Vergrösserung deutlich hervortreten. Dabei kommen verschiedene Entwickelungsstufen vor: die Strahlen können *ununterbrochen* aus einem Territorium in das andere übergreifen, indem sie das Grenzgebiet rechtwinklig schneiden, oder es tritt in letzterem ein mehr diffuses Fasernetz auf, oder endlich es erscheinen die ersten Anfänge von Grenzmembranen.

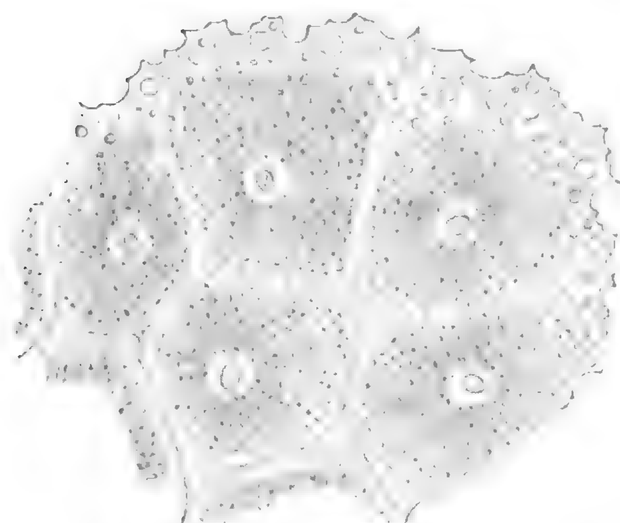


Fig. 8. Syncytium der Basis eines Forellenkeimes von Stufe F 2. Vergr. 100 fach.

Wie schon oben erwähnt, sind die Blastomeren der mittleren Schicht nur nach oben hin durch Grenzhäute umsäumt, nach abwärts hängen sie mit denen der unteren Schicht zusammen. Dasselbe Element zeigt also membranös eingefasste und offene Grenzstrecken, die unmittelbar in einander übergehen. Hier kann man die Bildung der Membranen schrittweise verfolgen, wie dies in einem späteren Abschnitte erörtert werden soll.

Beim Lachs verhält sich auf gleicher Entwickelungsstufe die

1) Hierüber vgl. man auch HENNEGUY L. s. l. Cellule S. 318 ff.

Keimbasis ähnlich wie bei der Forelle, indessen erschöpft sich der Vorrath an unverdauten Dotterkörnern langsamer. Man findet diese in den isolirten Zellen der höheren Keimschicht und in den Plasmaterritorien der Keimbasis in Form von peripherisch gelagerten Kränzen, im Syncytium liegen sie noch in den hellen Zwischenstrassen zerstreut. Auch stösst der Dotter beim Lachskeim nicht ausschliesslich an das Syncytium, sondern zum Theil schon an abgegliederte Zellen an, die nun ihrerseits an der Berührungsfläche Fetttropfen und Dotterkugeln aufnehmen und dem entsprechend einseitig sich ausweiten. Sie gewähren in dem Zustande Bilder,

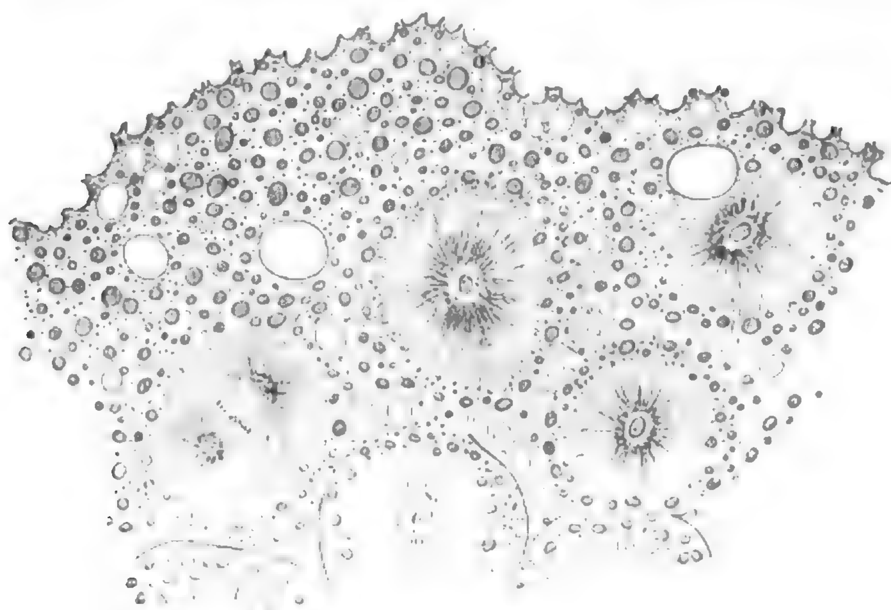


Fig. 9. Basis eines Lachskeimes von Stufe F 2.

die den bei früherem Anlasse beschriebenen des Selachierkeimes[1]) völlig entsprechen.

Die lecithophagen Zellen an der Basis des Selachierkeimes verbinden sich unter einander zu einem Syncytium, in dem die einzelnen Territorien Anfangs durch helle Strassen von einander geschieden bleiben. Wir haben also für so beschaffene Syncytien zwei Wege der Bildung: in dem einen Fall kommt es überhaupt nicht zur Trennung kernhaltiger Plasmaterritorien durch Grenzhäute, und das Syncytium entspricht einem unvollkommen durchfurchten Abschnitte des Keimes. Im anderen Fall scheiden sich zwar die Zellen von einander, aber sie schwellen unter reicher

1) Hierfür Abbildungen im Aufsatze über den Periblast der Selachier S. 25 ff. Fig. 8, 9, 10 u. 12.

Nahrungsaufnahme erheblich an und verschmelzen secundär mit einander, indem ihre Grenzhäute sich auflösen. Beide Fälle erläutern in gleicher Weise die völlige Zusammengehörigkeit der Grenzschicht mit dem Morphoplasmagerüst. Wie die Schicht als ein Gerüst von Plasmafäden sich anlegt, so verschwindet sie auch unter geeigneten Bedingungen, indem die Gerüste benachbarter Territorien ineinander übergehen.

Plasmochoren, Energiden und Diasteme[1]).

Die oben besprochenen Beobachtungen führen zum Begriff von histologischen Einheiten, die mit allen Attributen lebender Zellen, mit Kernen, bez. mit Chromosomen, mit Centren und mit Plasma ausgestattet sind, die aber des peripherischen Abschlusses entbehren. Es sind dies offene Zellen, wenn man den Ausdruck brauchen darf, d. h. abgegrenzte, aber nicht abgeschlossene Plasmaterritorien. Bis auf Weiteres möchte ich diese Einheiten als Plasmochoren und die sie trennenden Zwischenstrassen als Diasteme bezeichnen, und ich will gleich noch einen Schritt weiter gehen und das Wort Syncytium auf die Plasmagebilde beschränken, in denen die einzelnen Gebiete von einander unterscheidbar sind, von Plasmodien aber da sprechen, wo sich deren Grenzen verloren haben. Ich schlage also vor, die Worte Plasmodium und Syncytium nicht mehr als vertauschbare Synonyme zu gebrauchen, sondern einem jeden seine besondere Bedeutung zu geben.

Das Bedürfniss, innerhalb mehrkerniger Zellen die einzelnen Territorien auseinanderzuhalten, hat bekanntlich Jul. Sachs dahin geführt, den Begriff der Energiden aufzustellen, und er definirt eine Energide als einen einzelnen Zellenkern mit dem von ihm beherrschten Plasma[2]). Die Energide ist nach Sachs der eigentlich lebendige Theil der Zelle. Damit sind alle passiven Producte, mögen sie unverdautes Nährmaterial (Dotterkörner u. dgl.), oder mögen sie Stoffwechselproducte (Stärkekörner, Schleimtropfen u. s. w.) sein, als nicht zur Energide gehörig, ausgeschlossen. Die

1) χώρα das Gebiet und διάστημα der Zwischenraum.

2) Jul. Sachs 1892 Flora Heft I u. Physiol. Notizen herausgegeben von K. Goebel.

Entscheidung aber, was lebendige Substanz sei und was passive, ist auf dem Wege einfacher Beobachtung sehr unvollkommen zu erreichen. Ist das Hyaloplasma active oder passive Substanz? welche von den im Morphoplasma enthaltenen Körnern sind unverdaute Nahrung, welche sind integrirende active Gebilde? Diese und ähnliche Fragen sind schwierig und jedenfalls nur auf Umwegen zu beantworten, daher wir neben der von Sachs geschaffenen physiologischen eine für die Theilstücke von Syncytien brauchbare descriptive Bezeichnung nicht wohl entbehren können. Uebrigens wird es sich physiologisch fragen, ob man die Kerne oder nicht vielmehr die Centrosomen als Mittelpunkte der Energiden ansehen will. Entscheidet man sich für letztere Auffassung, so ist die kernhaltige Zelle in vielen Fällen als Doppelenergide zu bezeichnen, jedenfalls in allen den Fällen, in denen sie zwei Astrosphären einschliesst.

Um es nochmals zusammenzufassen, so bezeichne ich als Syncytium einen Complex untereinander verbundener histologischer Einheiten oder Plasmochoren, die durch Grenzgebiete oder Diasteme deutlich von einander geschieden sind. Syncytien können primäre Bildungen sein, Ergebnisse unvollkommener Trennungsprocesse, oder sie können secundär entstehen durch Randverschmelzung zuvor geschiedener Zellen. Die Bezeichnung Blastomere kann als allgemeine beibehalten werden, sie umfasst die Theilstücke des sich furchenden Keimes, mögen diese als Zellen sich abgeschlossen haben, oder mögen sie auf der Stufe von Plasmochoren stehen geblieben sein.

Die Vermehrung der Keimzellen (Stufe F 3).

Mit fortschreitender Furchung nimmt im Keim die Grösse der Blastomeren ab, die Zahl der übereinander liegenden Schichten zu. An fixirten Präparaten zeigen die Zellen des gegliederten Keimes scharf umgrenzte, ellipsoide Formen. In den obersten Schichten sind sie dicht zusammengedrängt, in den tieferen Schichten treten klaffende Spalträume zwischen den im übrigen gerüstartig verbundenen Zellen auf. Anstatt einer einheitlichen Furchungshöhle, umschliesst somit der Keim ein complicirtes System zusammenhängender unregelmässiger Spalten. Lebend untersucht zeigen die Zellen sehr lebhafte, amöboide Bewegungen. Unsere fixirten Prä-

parate geben uns somit vom inneren Verhalten des sich entwickelnden Keimes nur ein sehr unvollkommenes Bild.

Im Forellenkeim von Stufe F 3 (3 Tage alt) liegen die Zellen in 6—8 Schichten übereinander und ihre mittleren Flächendurchmesser betragen um 80 μ. Als Material für Zellenstudien sind sie zu der Zeit ausnehmend günstig. Gegen früher sind die Plasmastructuren etwas durchsichtiger geworden, obwohl das Gefüge noch ein ziemlich dichtes, und der hyaline Randsaum meistens nur schmal ist. Besonders deutlich zeigt sich, sowohl in der Strahlen- als in der Gerüstzone, der Besatz des Fadenwerkes mit feinen Körnern. Um Wiederholungen zu vermeiden, verspare ich alle auf Kern- und Zelltheilung bezüglichen Besprechungen auf einen späteren Abschnitt.

Das die Keimbasis bildende Syncytium ist bei fortschreitender Entwickelung dadurch, dass sich von seiner oberen Fläche scharf

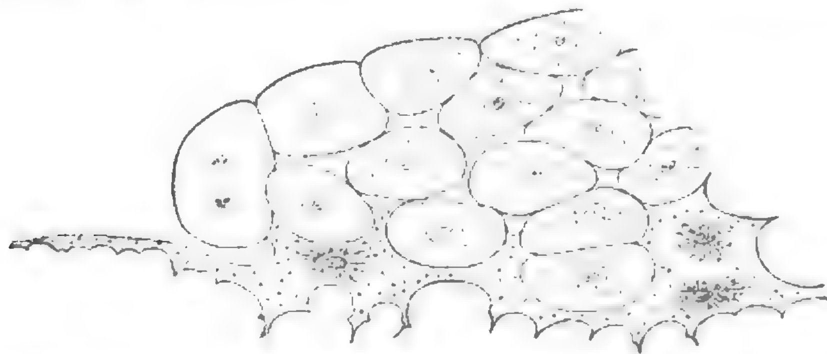


Fig. 10. Durchschnitt durch den Rand eines Forellenkeimes von Stufe F 3 (3 Tage). Vergr. 180fach. Die Basalschicht ist durch schräge Schraffirung vom übrigen Keim unterschieden.

umgrenzte Zellen abgetrennt haben, niedriger geworden. Nunmehr tritt aber ein Unterschied zwischen Syncytium und zelligem Keim auch äusserlich hervor. Während der letztere allmählig blasser wird, erscheint das syncytiale Plasma immer noch dicht gefügt und undurchsichtig, zugleich ist es auffallend schmiegsam. Da, wo es mit Keimzellen zusammentrifft, drängt es sich nach Art eines Ausgusses in deren Zwischenräume ein. Seine obere Fläche läuft daher in zahlreiche, dunkel gefärbte Zacken und zapfenartige Verlängerungen aus, in deren concave Ausschnitte die benachbarten Keimzellen eingebettet sind. Demgemäss zeigt die Basalschicht des Keimes an senkrechten Durchschnitten ein unregelmässiges Ansehen, bald ist sie zu einer dünnen Platte reducirt, bald dick angeschwollen. Die Kerne liegen im Allgemeinen in den verdickten Stellen, häufig auch in zwei Etagen übereinander

(Fig. 10). Ebenso sieht man an Flachschnitten durch die Keimbasis das stärker gefärbte Plasma des Syncytiums überall als Ausfüllungsmasse mit zackigen Rändern zwischen die benachbarten Keimzellen eingeschoben (Fig. 11).[1])

Mit stärkeren Vergrösserungen untersucht, zeigt sich das Plasma des basalen Syncytiums immer noch als ein dichtes Faden-

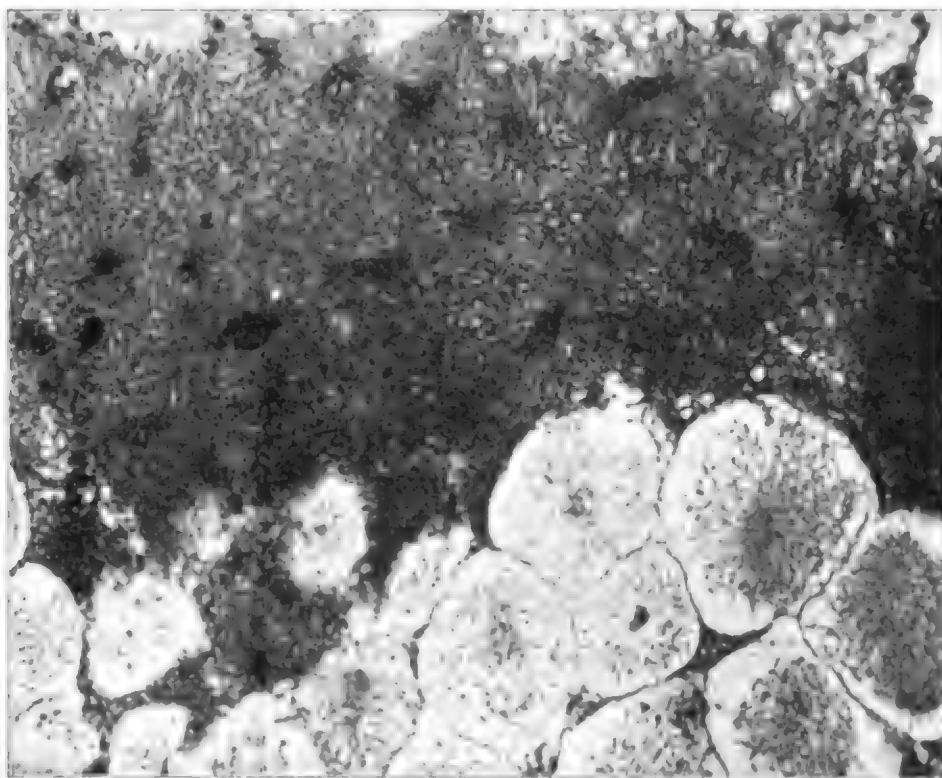


Fig. 11. Keimbasis eines Forellenkeimes von Stufe F 3, flach. Zellen des Keimes und Syncytium, letzteres von Strahlen durchsetzt. Vergr. 250fach.

netz mit reichem Besatz feiner Körnchen. Auffallend massig, als ungeformte dunkle Flecken treten die Kerne hervor. Sie bestehen

1) M. v. Kowalewski hat 1886 die besprochene Entwickelungsstufe von Knochenfischkeimen an Goldfischeiern beobachtet und trefflich abgebildet. (v. Kowalewski l. c. Taf. XVII Fig. 3—6 u. Text S. 448 u. 449.) Er leitet die Basalschicht des Keimes von Protoplasmamassen ab, die aus dem Innern der Dotterkugel an den Keim heranrücken (aus dem von ihm sog. Entoblastgerüst). Aus diesem Material sollen sich durch eine Art von Nachfurchung Zellen bilden, die von unten her in den Keim eindringen. Als ungefurchter Rest dieser Bildung erhält sich ein continuirliches, unter dem Keim liegendes Plasmodium, die «intermediäre Schicht» van Bambecke's, oder die jetzt Periblast genannte Bildung. Im Wortlaut weicht diese Darstellung Kowalewski's von der meinigen ab, in der thatsächlichen Auffassung ist der Unterschied minder gross. Der Gegensatz unserer Auffassungen liegt wesentlich darin, dass ich an der Keimbasis ein vom Keim ausgehendes Vordringen des Protoplasmas in den Dotter und eine stetige Vermehrung desselben durch Aufnahme und Verdauung neuer Bestandtheile an-

aus gedrängten, oft etwas unregelmässig umgrenzten Anhäufungen stäbchenförmiger Chromosomen. An den zwei Polen jedes Kernes liegen Verdichtungshöfe grobstrahliger Astrosphären. Zuweilen verbinden sich auch die den beiden Polen eines Kernes angehörigen Verdichtungshöfe zu einem den Kern umgebenden Ring. Zwischen benachbarten Plasmochoren verlaufen auch jetzt noch helle Zwischenstrassen mit aufgelockertem Gerüst, vielfach sieht man Strahlen quer durch die Diasteme hindurch aus einer Plasmochore in die andere übertreten. Die Durchmesser der Plasmochoren sind im Allgemeinen etwas geringer als die der benachbarten Keimzellen.

Die Sonderung des Periblastes vom gegliederten Keim (Stufe F 4).

Der nächste Fortschritt des gegliederten Keimes besteht darin, dass sich dessen basales Syncytium nach oben hin glättet und vom gegliederten Zellenlager durch eine Spalte, die nunmehrige Keimhöhle, endgiltig trennt. Die Glättung erfolgt, wie dies auch KOWALEWSKI's Darstellung ergiebt, dadurch, dass sich die vom Syncytium aus in den Keimhügel hineinragenden kernhaltigen Vorsprünge als selbständige Zellen ablösen. Als Bekleidung des Dotters bleiben auf grössere Strecken hin dünne Plasmaschichten zurück, die von da ab als basaler Abschnitt des Periblastes oder als Keimlager ihre selbständige Entwickelung durchmachen. In Verbindung damit erhält sich das den Keimhügel von Anfang ab ringförmig umgebende Plasma des Properiblastes. Es betheiligt sich in der Folge an der Bildung des peripherischen Periblastes oder des Keimwalles. Indem das Keimgewölbe durch eine ringförmige Furche von seiner Basis sich etwas abschnürt, bekommt es einen lippenartigen, auch nach der unteren Seite hin freien Rand. Der

nehme, während v. KOWALEWSKI das Protoplasma im Dotter vorgebildet sein und allmählig unter dem Keim zusammenströmen lässt. Es ist möglich, dass in den Eiern verschiedener Fischformen graduelle Abstufungen vorkommen, dass im Ei der Goldfische das Material zur Periblastbildung schon grösstentheils vorgebildet ist und nur der nachträglichen Sammlung bedarf, während im Salmonidenei der vorhandene intravitelline Plasmavorrath bald erschöpft wird und des Ersatzes bedarf. Die stärkere Tingirbarkeit des Plasmas der Basalschicht haben bei Ctenolabrus schon AGASSIZ und WHITMAN constatirt.

unter dieser Randlippe liegende Theil des Periblastes ist von Anfang ab kernhaltig, er bildet den inneren Theil des Keimwalles. Der Periblast besteht, dem Gesagten zufolge, aus einer dünnen, unter der Basis des Keimes sich hinziehenden Plasmalage und aus einem, auf dem Durchschnitte prismatisch erscheinenden Plasmaring, jene ist das Keimlager, dieser der Keimwall. Im ersteren sind Kerne Anfangs nur sparsam vorhanden, reichlicher sind sie dagegen im Keimwall. Soweit der Periblast dem Dotter anliegt, besteht das Grenzgebiet aus einem Plasmagerüst mit eingelagerten Dotterbestandtheilen. Eine Verbindung des Periblastes mit dem zelligen Keim erhält sich am Grund der Randfurche. Hier schmiegen sich Randzellen des Keimgewölbes und Keimwalles fest aneinander an und ihre beiderseitigen Grenzschichten gehen ineinander über. Der vom Hauptkeim abgetrennte Periblast behält den Charakter eines Syncytiums bei. Sein Plasma bewahrt durch geraume Zeit sein compactes undurchsichtiges Gefüge. Der Gegensatz zum Keim tritt jetzt um so auffälliger hervor, als die Structur der Keimzellen, infolge zunehmender Entwickelung von Hyaloplasma, immer klarer und übersichtlicher wird. Die Morphoplasmastrahlen treten bestimmter auseinander und heben sich scharf von ihrer Umgebung ab, ebenso treten ihre Auflösung in das Netz der Area reticularis, der Zusammenhang des letzteren mit der Grenzhaut und der Besatz des gesammten Fadenwerkes mit feinen Körnern auf das deutlichste hervor. Im Gegensatz zu den plumpen Chromosomenhaufen der Periblastkerne zeigen die ruhenden Kerne der Keimzellen äusserst feine und zierliche Fadennetze. Es ist, als ob die Keimzellen, die, vom Dotter abgerückt, aus mitgebrachten Vorräthen leben müssen, ihr Material dafür um so feiner zu durcharbeiten vermöchten, während der mit seinem Syncytium aus dem Vollen schöpfende Periblast zunächst mit Aufhäufung von Vorrathsstoffen beschäftigt wäre.

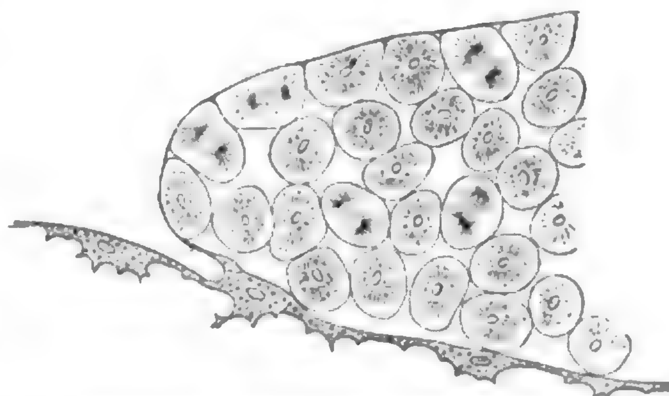


Fig. 12. Senkrechter Durchschnitt durch den Rand eines Forellenkeimes von Stufe F 4 (3¼ Tage). Vergr. 180fach. Der Periblast ist endgültig vom zelligen Keim getrennt.

Das Auftreten von pluripolaren Mitosen und die Rückbildung der Strahlungen im Periblast (Stufen F 5 und F 6).

Wenn die Keimzellen auf etwa 35 μ mittleren Durchmesser herabgegangen sind, und die Zahl ihrer Schichten gegen 12 beträgt, zeichnet sich der Periblast vom übrigen Keim noch immer durch sein dichteres Gefüge und seine dunklere Färbung aus. Noch zeigt er reichliche Astrosphären und in einem Theile der Präparate unvollkommen umgrenzte dunkle Kerne, in andern ausgeprägte Mitosen.

Schon auf den vorangegangenen Stufen, und noch vor der endgültigen Sonderung des Periblastes waren die Centren benachbarter

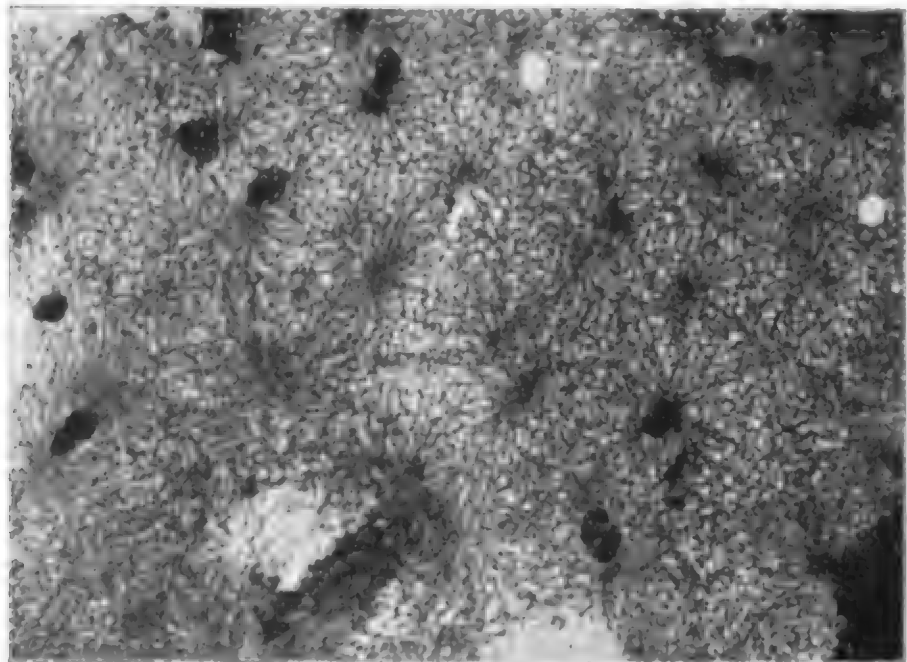


Fig 13. Syncytium der Keimbasis, Forellenkeim. Die Kernanlagen erscheinen als formlose Chromatinhaufchen. Jeder derselben liegen zwei Astrosphären an, die benachbarten Centren sind durch Strahlen untereinander verbunden. Vergr. 250fach

Plasmochoren vielfach durch gestreckte, mehr oder minder breite Verbindungsstrahlen mit einander in Zusammenhang getreten. Das Syncytium zeigte sich von einem gröberen Netz durchzogen, in dessen Knotenpunkten die dunkeln Kerne mit den ihnen zugeordneten Centren gelegen waren. Nachdem sich der Periblast endgültig vom zelligen Keim getrennt hat, enthält er noch eine Anzahl von Centren und von Chromosomenhaufen. Jedes Centrum entsendet seine Strahlen nach verschiedenen Richtungen hin, und kann mit zwei oder mehr Nachbarcentren verbunden sein. Zu eigentlichen

Spindeln werden die zwischen benachbarten Centren sich ausspannenden Bündel von Verbindungsstrahlen, wenn sich zwischen ihnen eine die Strahlen auseinandertreibende hyaline Masse ansammelt. Wie nun schon Henneguy gesehen hat, so kann ein und dasselbe Centrum nicht nur nach mehreren Richtungen hin Verbindungsstrahlen zu anderen Centren entsenden, sondern auch mehrfache Spindeln bilden, deren Strahlen Chromosomen als Strassen dienen. Am häufigsten finden sich tripolare Spindeln. In so grossem Maasstabe, wie an einzelnen meiner Präparate vom Selachierperiblast habe ich bei Salmoniden pluripolare Mitosen nicht entwickelt gefunden. Dazu fehlt schon der nöthige Raum, denn der Salmonidenperiblast ist zur Zeit seiner Sonderung auf eine verhältnissmässig schmale und niedrige Substanzplatte reducirt. Immerhin bin ich bei viertägigen Forellen auf Bilder gestossen, in denen bis zu sechs Centren in kettenartiger Verknüpfung zusammenhingen und sich mehr oder minder asymmetrisch in die vorhandenen Chromosomen theilten. Nach demselben Centrum konnten von verschiedenen Seiten her Chromosomen heranrücken, der Abstand der zu einem Paar verbundenen Centren betrug zu der Zeit meistens um 25 μ herum, der der dichteren Chromosomenhaufen wechselte von 12—20 μ.



Fig. 14. Pluripolare Mitosen mit unregelmässiger Vertheilung der Chromosomen. Aus dem Periblast eines Forellenkeimes Stufe F 4. Vergr. 500fach.

Mitosen und Plasmastrahlungen erreichen im Periblast nach dessen Sonderung vom Keime ihre maximale Entwickelung. Dann aber schwinden die Mitosen und die Strahlungen werden undeutlich. Auf die Phasen lebhafter innerer Bewegung folgen somit Phasen einer mehr ruhigen Weiterentwickelung. Im Periblast von Keimen, deren Zellen um 25 μ Durchmesser haben, zeigen die Kerne durchweg abgeschlossene Formen, sie bestehen aus einer durchsichtigen Masse, an deren Oberfläche sich ein feines Chromatinnetz ausspannt. Innerhalb des dunkeln Plasmas nehmen sie sich daher schon bei schwächerer Vergrösserung wie helle Flecke aus. Im Uebrigen ist ihr Verhältniss zum Plasma ein anderes, als früher: Zuvor lagen sie einzeln, um jeden der beiden Pole eines Kernes befand sich ein Verdichtungshof, von dem aus ein System

verzweigter Strahlen radiär sich ausbreitete. Jetzt liegen die Kerne in kleinen Gruppen von zwei bis vier oder fünf, oder wohl auch in Conglomeraten beisammen und werden von breiteren Verdichtungshöfen rings herum eingefasst. Diese mehrkernigen Höfe treten nun an die Stelle der früheren Plasmochoren. Von einander sind sie auch jetzt noch durch etwas lichtere Zwischenräume getrennt, deren Gefüge allerdings erheblich dichter ist als das der früheren Diasteme. Ein feinmaschiges Fadengerüst, mit zahlreichen Mikrosomen besetzt, bildet die Grundlage. Je mehr die Strahlungen schwinden, um so gleichmässiger erscheinen die Maschen des Gerüstes[1]). Sehr schön tritt diese Structur auch in den Plasmaschichten auf, die gegen den Dotter vordringen und die zwischen dessen gröberen und feineren Formgebilden sich ausbreiten. Schliesslich tritt aber ein Zeitpunkt ein, wo innerhalb des Plasmas jegliche Gliederung schwindet und das Ganze als eine gleichmässig dichte undurchsichtige Masse sich darstellt, von anscheinend körnigem Gefüge. So finden wir die Verhältnisse im Beginn der Embryonalbildung.

Die Kerne des Periblastes.

Die Kerne des Periblastes spielen in den auf die Furchung folgenden Entwickelungsperioden eine so hervorragende Rolle, dass sie durchaus einer gesonderten Betrachtung bedürfen. Für diesmal gehe ich nur kurz auf dieselben ein. Der Uebersicht halber unterscheide ich:

1. einzeln stehende Kerne und Kerngruppen,
2. Kernconglomerate und Riesenkerne.

In manchen wesentlichen, obwohl keineswegs in allen Punkten stimmen die bei Salmoniden auftretenden Kernformen mit denen überein, die im Periblast der Selachier sich entwickeln[2]). Zur Zeit ihres ersten Auftretens erscheinen sie als hyaline Körper,

---

1) In meiner Arbeit vom Jahre 1876 (S. 36) findet sich schon die Angabe, dass mit Hilfe stärkerer Vergrösserungen im Keimwall ein Gewirre feiner Fäden zu unterscheiden sei, die ich mit geronnenen Fibrinfäden verglichen hatte. Ausserdem unterschied ich dort zackige, die hellen Periblastkerne umgebende Höfe, die ich für die eigentlichen Keimwallzellen hielt (Taf. I Fig. 2—4 u. Taf. II Fig. 6). Die Fixation geschah damals mit schwacher Chromsäurelösung.

2) Ich verweise auf die Darstellung des Periblastaufsatzes l. c. 31 ff.

unter deren Oberfläche ein zartes von Chromatinkörnern durchsetztes Gerüst sich ausbreitet. Sehr deutlich tritt die oberflächliche Lagerung des Chromatingerüstes da hervor, wo Kerne mitten durchschnitten sind. Da kann an günstigen Stellen das gesammte Mittelfeld des Kernes frei bleiben, während die Fäden peripherisch liegen, und Körnchen von ihnen aus nach einwärts hervorragen. Die auf den Stufen F 5 und F 6 auftretenden Kerne sind noch von mässiger Grösse (8—15 μ). Sie liegen theils einzeln, theils in kleinen Gruppen beisammen, und schon jetzt finden sich neben einander kleinere und grössere Formen.

Fast unmerklich vollzieht sich der Uebergang von Kerngruppen zu Kernconglomeraten. Wir treffen nämlich Gruppen, in denen die Kerne bis zur Berührung aneinander gerückt sind, immerhin so, dass die Form der einzelnen Kerne noch zur vollen Geltung kommt. Weiterhin aber begegnen wir Massen, deren Oberflächencontour einen mehr einheitlichen Eindruck macht, die aber gleichwohl eine Gliederung in eine Anzahl von rundlichen Theilstücken erkennen lassen, deren jedes sein besonderes Chromatingerüst hat. Auf früheren Stufen sind auch solche Conglomerate noch von mässigen Dimensionen und umschliessen kaum mehr als 3—5 Theilstücke, dann aber nimmt ihre Entwickelung rasch zu, die Zahl der Theilstücken innerhalb eines Conglomerats wächst auf 10—12 und darüber, die Abstände zwischen Nachbarcomplexen werden geringer, es tritt, mit einem Wort, eine unverhältnissmässig grosse Entwickelung von Kernmaterial ein und das Verhältniss «Kern: Plasma» ändert sich zusehend zu Gunsten des ersteren. Innerhalb der Kerne wächst aber auch das Verhältniss des Chromatins zum hyalinen Theil, dies äussert sich vor Allem in der Ausbildung von Nucleolen. In den jungen Periblastkernen, wie sie nach Ablauf der Furchung sich fanden, waren überhaupt keine grösseren, als Nucleolen deutbaren Körner vorhanden. Während der Zeit der Embryobildung treten solche in immer auffälligerer Weise auf und zur Zeit der Umwachsung enthalten die kleineren Kerne je einen, die grösseren eine Anzahl dunkler Nucleolen, deren Durchmesser von 5 bis zu 7 und 8 μ betragen kann. Wenn man dem Periblast die physiologische Aufgabe zutheilt, Dotterbestandtheile zu lebender Substanz, zu Plasma und zu Kernmaterial umzubilden, so zeigt schon die rein morphologische Beobachtung, dass es dieser Aufgabe in vollem Maasse gerecht und dass speciell

die Aufspeicherung von Kernstoffen von ihm in ergiebiger Weise besorgt wird[1]).

Ueber die Bedingungen der Kern- und Zellentheilung.

Der Schwerpunkt meiner Arbeit liegt in der Frage nach der Bildung und Organisation von Syncytien. Diese Frage kann indessen nur im Zusammenhange mit der allgemeinen Zellenlehre behandelt werden, und auf Grund fremder und eigener Beobachtungen habe ich daher zu letzterer Stellung zu nehmen. Von den verallgemeinernden Sätzen, zu denen die Beobachtungen über Befruchtung, Furchung und Zelltheilung Anlass geben, verknüpfen sich die einen untrennbar mit Vorstellungen, die man sich vom Bau des Protoplasmas macht, andere lassen sich unabhängig von bestimmten Theorien als Ausdruck thatsächlicher Verhältnisse ableiten. Eine Zusammenstellung von Sätzen letzterer Art soll im Nachfolgenden versucht werden. Je schärfer solche Sätze formulirt werden, um so leichter ist es, sie nach Bedarf zu erweitern und zu verbessern. Erläuterung und Discussion lasse ich den einzelnen Sätzen nachfolgen.

1) Jeder auf Zellen- und Kerntheilung bezügliche Vorgang setzt das Vorhandensein bewegender Kräftesysteme voraus, die auf gewisse Mittelpunkte hin centrirt sind. Der sichtbare Ausdruck solcher Kräftewirkungen liegt in den centrirten Plasmastrahlungen, die jeden Theilungsvorgang einleiten und regeln.

Schon die ersten Beobachter, welche die Strahlungen im sich furchenden Ei genauer verfolgt haben, haben daraus die Existenz centrirter Kräftewirkungen erschlossen. So hat Fol schon im Jahre 1873 die von ihm am Geryonidenei beobachteten Figuren plasmatischer Doppelsterne mit magnetischen Kraftlinien verglichen, und indem er die Mittelpunkte der Sterne als Anziehungscentren bezeichnete[2]), hat er die Kerntheilung vom Auftreten

1) Boveri spricht in seinen so vielseitig durchdachten Zellenstudien vom Jahre 1888 S. 59 die Vermuthung aus, dass die Chromatinvermehrung im wachsenden Organismus nur im Ruhestadium der Kerne vor sich geht.

2) Fol 1873 Die erste Entw. des Geryonideneies Jena'sche Ztschr. Bd. VII S. 176. Der Vergleich der sich kreuzenden Astrosphärenstrahlen mit den magnetischen Kraftlinien ist seitdem wiederholt wieder aufgenommen worden, zuletzt von Erlanger 1897 l. c. S. 403 ff., der auch die Ziegler'schen Versuche bespricht.

solcher gepaarter Centren abgeleitet[1]). Mit den Arbeiten van Beneden's und Boveri's sind die Centrosomen mehr in den Mittelpunkt des Interesses gerückt und an Stelle von Fol's Attractionscentren sind van Beneden's Attractionssphären oder deren Inhaltsgebilde, die Centrosomen getreten. van Beneden und Boveri[2]) haben die Lehre von der Contractilität der Sphärenstrahlen und speciell der Spindelfasern geschaffen, und durch W. Flemming's grosse Autorität gestützt[3]), beherrscht die damit gewonnene Vorstellung seitdem die gesammte neuere Auffassung des Kerntheilungsvorganges. Ihre schärfste Ausbildung hat aber die Theorie centrirter Fadensysteme in den bekannten Lehren von M. Heidenhain gefunden, die z. Z. jedenfalls den consequentesten Versuch einer Zellenmechanik darstellen. Die Reaction gegen die etwas einseitige Ausbildung der Zugfasertheorie ist übrigens nicht ausgeblieben. Von botanischen Forschern hat Strassburger dagegen Einwendung erhoben[4]) und neuerdings ist v. Erlanger[5]), ein überzeugter Anhänger der Wabentheorie, in seiner grossen Protoplasmaarbeit sehr bestimmt, und mit directer Berufung auf widersprechende Beobachtungen gegen die Annahme von contractilen oder elastischen Fasern aufgetreten. Auch Carnoy[6]) ist hier zu nennen, dessen Darstellung und Sprache allerdings sehr persönlich gefärbt sind. Ich komme nachher auf diese Frage zurück. Ganz abgesehen von deren Entscheidung scheint es mir aber, sowohl im anatomischen als im physiologischen Interesse zweckmässig, den allgemeinen Begriff des Centrums beizubehalten. Anatomisch haben wir das Centrum als geometrischen Vereinigungspunkt der verlängerten Strahlen der Astrosphären aufzufassen, d. h. als einen Begriff, der sich mit dem des Centrosoms nicht ohne Weiteres deckt. Ab-

---

1) Man vergl. besonders auch die ausführlichen Erörterungen von Fol in den 1879 erschienenen Recherches sur la fécondation S. 162 ff.

2) van Beneden u. Neyt 1887 Nouvelles recherches sur la fécondation etc. chez l'ascaride mégalocéphale S. 41. Boveri 1888 Zellenstudien Heft II S. 99. Boveri sagt geradezu: «Durch die Fähigkeit, sich zu verlängern und zu verkürzen, charakterisiren sich die Archoplasmafädchen als musculöse Fibrillen, und alle für Muskeln geltenden Gesetze können auch für unsere Zellorgane Anwendung finden.»

3) Man vergl. besonders Flemming's Referat am anat. Congress in München 1891.

4) Strassburger anat. Anz. 1893 S. 177 ff.

5) R. v. Erlanger Arch. f. mikr. An. Bd. 49 S. 309 ff. bes. von S. 392 ab.

6) Carnoy u. Le Brun 1897 Cellule Bd. XII S. 191 ff.

gesehen von den noch nicht völlig beigelegten Differenzen in der Definition des Centrosomenbegriffes brauchen wir für den Mittelpunkt der Sphären einen beschreibenden Ausdruck, der unabhängig davon ist, ob im speciellen Fall ein Centrosom sichtbar gemacht worden ist, oder nicht[1]).

Physiologisch genommen ist das Centrum der Punkt, auf den alle im Kräftesystem wirksamen anziehenden und abstossenden Kräfte bezogen werden können. Will man dem Centrum eine weitere Bezeichnung beifügen, so kann man es mit BOVERI dynamisches oder mit FOL und mit STRASSBURGER kinetisches Centrum nennen. Die Bezeichnung Centrum kurzweg scheint mir indessen bei allen Auseinandersetzungen völlig zu genügen.

Wie das Wort Centrum, so darf das Wort Strahl als ein indifferentes gelten, das man gebrauchen kann, man mag im Uebrigen über die Natur des Plasmas denken wie man will.

Eine zweckmässige Sprachbereicherung scheint mir auch in dem von BALLOWITZ vorgeschlagenen Wort «Morphoplasma» vorzuliegen, anstatt Spongioplasma, Archiplasma, Kinoplasma u. s. w. Das Wort knüpft einfach an die Eigenschaften des Formens und Geformtseins an, d. h. an Eigenschaften, über die jegliche Discussion ausgeschlossen ist. Im Gegensatz dazu braucht BALLOWITZ LEYDIG's Bezeichnung des Hyaloplasmas, eine Bezeichnung, die auch mir zur Zeit noch die angemessenste zu sein scheint. Allerdings verhehle ich mir nicht, dass vielleicht unter diesem Namen Substanzen sehr verschiedener Natur und Beschaffenheit (dünn- oder zähflüssige Lösungen, schleimige oder gallertartige Massen) Platz finden, d. h. Substanzen, die nicht organisirte lebende Materie zu sein brauchen. Dieselbe Einwendung lässt sich allerdings auch gegen die Aufstellung eines Morphoplasmas erheben, das neben seinen integrirenden Bestandtheilen stets noch einen Vorrath von unverdautem Nährmaterial oder von verbrauchten Excretstoffen enthalten kann.

---

1) In gleichem Sinne sagt ZIEGLER Experimentelle Studien über Zelltheilung Arch. für Entw.-Mechanik Bd. VI S. 263: «Die Stelle, an welcher das Centrosom liegt, ist das Centrum der Strahlung» . . . «Der Mittelpunkt der Attractionssphäre, welcher gleichzeitig den Pol der Spindel und das Centrum der radiären Strahlung bildet, ist offenbar in physiologischer Hinsicht von grösster Bedeutung. Für diesen dynamisch wichtigen Punkt gebrauche ich den Ausdruck Centrum. Die Bezeichnung ist eine physiologische und lässt unentschieden, ob an dieser Stelle ein Centrosoma durch Färbung nachgewiesen ist, oder nicht.»

In Betreff des Kerngerüstes halte ich es für zweckmässig an den von Flemming theils eingeführten, theils angenommenen histologischen Bezeichnungen Chromatin und Linin festzuhalten, und die Bezeichnungen Nuclein, Nucleinsäure u. s. f. den physiologischen Chemikern zu überlassen, die damit schärfere Begriffe zu verbinden haben, als dies dem Histologen möglich ist.

2) Die innerhalb einer Astrosphäre wirksamen bewegenden Kräfte können wir als vom Centrum ausgehende Anziehungen und Abstossungen betrachten.

Ueber das eigentliche Wesen der in lebenden Substanzen wirksamen Kräfte wissen wir Nichts. Uns Anatomen liegt es am Nächsten, für jeden beobachteten Bewegungsvorgang ein anatomisches Substrat anzunehmen, und die bei den Studien über Zelltheilung gemachten glänzenden Entdeckungen, die Entdeckung der Centrosomen, die der chromosomenführenden Spindelstrahlen u. a. m. sind solchen Bestrebungen günstig entgegengekommen. So spricht man unbedenklich von Zug- und von Stemmfasern, man überträgt den Centrosomen die Bedeutung von Insertionsmittelpunkten elastischer Fasern u. a. m. Wir thun indessen gut, bei Aufstellung solch handgreiflicher Begriffe etwas Vorsicht zu üben und uns gelegentlich wieder unserer Unwissenheit in den Grundfragen bewusst zu werden. Die Forscher, welche den Begriff der Zugfasern aufstellten, durften dies thun, weil ihre Beobachtungen mit ihrer Vorstellung vereinbar waren und sich ohne Weiteres an den völlig geläufigen Begriff der Muskelcontraction anknüpfen liessen. Die neuerdings eingeführten Stemmfasern[1]) sind dagegen ein mit der Beobachtung unvereinbarer, und bei der halbflüssigen Beschaffenheit jugendlichen Protoplasmas völlig unverständlicher Begriff.

Nach dem Vorbilde der theoretischen Mechanik dürfen wir, behufs vereinfachter Darstellung, der Vielfachheit von Kräften, die in einem centrirten System wirksam sein können, vom Centrum ausgehende Anziehungen und Abstossungen substituiren. So können beispielsweise die Ursachen, welche die Chromosomen in der Richtung nach den Centren führen, sehr verschiedenartiger Natur sein. Sie mögen aber sein, welche sie wollen, so kommen sie in ihrer

1) Drüner, dem sich Meves angeschlossen hat, s. Meves Bericht über Zelltheilung von 1897 S. 382.

Wirkung überein mit einem von den Centrosomen auf die Chromosomen ausgeübten Zug; und ebenso erfolgt das Auseinanderrücken der Centren so, als ob die Centrosomen auf einander abstossend wirkten. In gleichem Sinne ist es uns gestattet, die anderweitigen im Bereiche der Astrosphären zu beobachtenden Vorgänge, die Theilung der Centren, die Bildung von Strahlen und von Spindeln, die Scheidung concentrischer Höfe, deren systolische und diastolische Verschiebungen, die Auflösung von Kerngerüsten in Chromosomen und die Spaltungen der letzteren als von den Centren ausgehende Kräftewirkungen aufzufassen, unbeschadet unserer Unkenntniss vom eigentlichen Wesen der bewegenden Kräfte und von deren Ausgangspunkten. Die Bedeutung der Centrosomen für das Zustandekommen der Astrosphären muss auf Grund der bei der Eibefruchtung gemachten Erfahrungen für unanfechtbar gelten. Das Wie? der Wirkung ist uns aber unbekannt, und es ist daher nicht angemessen, die Begriffe von Centren und von Centrosomen ohne Weiteres durcheinander zu werfen. Das Eine muss man immer im Auge behalten, dass die Vorgänge, die die Kerntheilung begleiten, sich nicht auf mechanische Umlagerungen beschränken, sondern dass auch tief greifende chemische Umlagerungen dabei Platz greifen. Die leider durch den Tod unterbrochenen Arbeiten MIESCHER's über die Entwickelung des Lachshodens geben die ersten Andeutungen über solche Processe, und es ist zu hoffen, dass die Wiederaufnahme dieser oder ähnlicher Arbeiten durch die Chemiker unseren Einblick in das Wesen der stattfindenden Processe erheblich vertiefen wird. So lange dies Ziel unerreicht ist, bleiben die so eleganten, mit dem Mikroskop beobachtbaren Umlagerungen der Theile, kaum mehr als, wie MIESCHER sich ausdrückt, «ein stummes Pantomimenspiel».

3) Strahlungen treten in bestimmten Entwickelungsphasen des Zellenlebens auf und sie können, nachdem sie eine Zeitlang bestanden haben, wieder schwinden. Ihr Auftreten fällt mit Höhepunkten im Leben der Zelle zusammen.

Der Satz bedarf als einfacher Erfahrungssatz keiner weiteren Erläuterung.

4) Bei ungehemmter Entwickelung umschliesst das Strahlungsgebiet einen Kugelraum, die Strahlenkugel oder Astrosphäre.

In ungetheilten Eiern oder in grösseren Blastomeren tritt die Kugelform der Astrosphären sehr bestimmt zu Tage. Im jungen Forellenkeime verlieren sich die Enden der Strahlen in einem sehr feinmaschigen diffusen Plasmagerüst. In anderen Eiformen können sie in Substanzschichten übergehen, die mit Dotter beladen sind. Mit fortschreitender Furchung nehmen die Durchmesser der Zellen und der in ihnen enthaltenen Astrosphären ab, aber in ungleichem Maasse. In kleineren Zellen nehmen die Sphären einen verhältnissmässig grösseren Raum ein, als in grossen Blastomeren, und es kann die Nähe der Zellenoberfläche ihre allseitige Entwickelung beeinträchtigen. In extremen Fällen rücken die Centren bis nahe an die Zellenpole heran, und nun wird die Entwickelung der Sphären eine völlig einseitige. Solche Zellen mit nahe an den Polen stehenden Centrosomen zeichnet z. B. Meves vom Hoden des Salamanders[1]). Auch die von Kostanecki in einem neuen Aufsatze gegebenen Schemata von Polstrahlungen[2]) beziehen sich auf Sphären, die in Folge ihrer Polnähe einseitig entwickelt sind. Völlig peripherisch gelagerte Centrosomen zeigen nach den neueren Entdeckungen von K. W. Zimmermann und von Heidenhain die Cylinderepithelien des Uterus und des Darmes.

5) Die Ausdehnung der einzelnen Kräftegebiete beurtheilen wir nach dem Durchmesser der Astrosphären, die Intensität der in ihnen wirksamen Kräfte dürfen wir nach der Spannung der Strahlen schätzen.

So lange auf sehr frühen Furchungsstufen die Blastomeren noch gross sind, nehmen die in ihnen auftretenden Astrosphären nur einen Theil des Binnenraumes ein. Ihre Strahlen verlieren sich in einem Gerüst, das bei dotterarmen Zellen feinmaschig und diffus d. h. nach verschiedenen Richtungen gleichartig gebaut sein kann.

Wenn die Blastomeren in Folge fortgesetzter Theilungen kleiner werden, so rücken die Astrosphärenstrahlen mehr an die Oberfläche heran, aber sie lösen sich auch dann noch in ein Gerüst auf, das um so übersichtlicher hervortritt, je reicher die Zellen an Hyaloplasma sind. Das Oberflächengerüst vermittelt den Zu-

1) Meves 1897 Arch. f. mikr. An. Bd. 48 Taf. IV.
2) Kostanecki 1897 Ebendas. Bd. 49 S. 651 ff.

sammenhang der Astrosphären mit der Zona limitans. Am längsten erhalten die sog. Verbindungsstrahlen ihre Randverbindung d. h. die Strahlen, die zwischen den auseinander weichenden Chromosomenkränzen ausgespannt bleiben.

Bei der gewöhnlichen bipolaren Mitose pflegen die coordinirten Astrosphären gleich gross zu sein und sämmtliche auf Kern- und Zelltheilung bezüglichen Vorgänge verlaufen symmetrisch. Dagegen gewinnt bei den die Eireifung begleitenden Vorgängen die eine Astrosphäre das Uebergewicht über die andere und drängt sie peripheriewärts. Es kommt im weiteren Verlaufe zu einer völlig ungleichmässigen Substanzvertheilung zwischen Richtungskörper und Ei. Die Ungleichmässigkeit der Theilung bezieht sich nicht sowohl auf die Kernbestandtheile, als auf das Protoplasma. Wie die schönen Beobachtungen von KOSTANECKI und WIERZEJSKI am Ei von Physa fontinalis zeigen, so erfolgt die Chromosomentheilung zwischen den Centren von Ei und Richtungsbläschen in einer Zeit, da beide Astrospären noch gleich gross sind. Von da ab beginnt erst die Verdrängung der einen Astrosphäre nach dem Rande hin und deren entsprechende Verkleinerung, die mit einer asymmetrischen Verschiebung der Dottermassen Hand in Hand geht. «Welcher ist der primäre Vorgang, so fragen die beiden Beobachter[1]), die Verkürzung der protoplasmatischen Strahlen oder die unsymmetrische Anhäufung des Dotters?» und sie glauben, dass diese Frage heutzutage sich nicht so leicht direct beantworten lässt.

6) Die bei jeder Kern- und Zellentheilung vorhandenen zwei Astrosphären greifen in einander über, d. h. der Abstand ihrer Centren ist kleiner als die Summe der beiden Radien ($CC < 2h$). Die zwei in einandergreifenden Kugelflächen schneiden sich in einer Ebene, die den Aequator der Theilungsspindel enthält. In dem den beiden Kugeln gemeinsamen Gebiet diesseits und jenseits der Schnittebene durchkreuzen sich die beiderseitigen Strahlen. Das die Schnittebene gürtelförmig umgebende Aussengebiet ist strahlenfrei, von ihm aus nimmt der Process der Zelltheilung seinen Anfang. Dies Gebiet kann als Gürtelzone des Astrosphärenpaares bezeichnet werden.

---

1) v. KOSTANECKI u. WIERZEJSKI 1896 Arch. f. mikr. An. Bd. 47 S. 328.

7) Die von einem Centrum aus entstehenden Strahlen breiten sich allseitig aus und finden im Kern keinen Ausbreitungswiderstand.

Dieser Satz ist am bestimmtesten von Hermann (1890) an den Spermatocyten des Salamanders und von Van der Stricht am Ei von Thysanozoon erwiesen worden. Hermann hat das successive Hereinwachsen der Strahlen in den Kern, erst von einem und dann vom andern Centrum aus und die Verbindung der Strahlenbüschel mit den Chromosomen sehr bestimmt beobachtet, und nicht minder überzeugend lauten die Angaben von Van der Stricht[1]). Speciell für den Forellenkeim ist Henneguy für das Hereinwachsen der Strahlenbüschel in den Kern eingetreten[2]).

8) Jede Astrosphäre bildet zur Zeit ihrer Entstehung ein Ganzes, zu dem sich die zugehörige Spindelstrecke wie ein Theilstück verhält. Erst secundär tritt zwischen der Spindel und der übrigen Strahlung eine gewisse Differenzirung ein.

Schon Fol hat die Spindel als einen Theil der Gesammtstrahlung aufgefasst, ihm folgte Bobretzky (1877)[3]), der hervorhob, dass bei der Furchung von Nassa mutabilis «das Auftreten von zwei strahligen Mittelpunkten dem Entstehen eines spindelförmigen Körpers vorangeht». Bezüglich des Ascarideneies sagt van Beneden, dass die achromatische Spindel zuweilen mit der Strahlenkugel (Aster) verschmilzt, als deren Sector sie sich darstellt, und er führt dies darauf zurück, dass die Spindelfasern bald mehr, bald weniger von den übrigen Strahlen der Kugel differiren[4]). Aehnlich fassen auch andere Beobachter, unter denen ich H. E. Ziegler und Erlanger zu nennen habe, die Spindelstrahlen als Theilstücke der Astrosphärenstrahlung auf. Immerhin scheint diese Anschauung nicht allgemein zu sein[5]). Zum Theil hängt dies wohl

1) Hermann in Münchner med. Wochenschr. 1890 Nr. 47 u. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 37 S. 569 ff. Van der Stricht im Bericht der anat. Ges. vom Jahre 1894 S. 223 ff.

2) Henneguy 1891 im Journal de l'Anat. et de la Physiol. Bd. 27 S. 406. Nach Henneguy's Vorstellung treiben die Asterstrahlen die Kernmembran vor sich her und dringen erst nach deren Auflösung in den Kern ein.

3) N. Bobretzky Arch. f. mikr. An. Bd. 13 S. 99.

4) van Beneden u. Neyth 1887 l. c. S. 42.

5) Von neueren Aeusserungen citire ich z. B. Kostanecki (1897 Arch. f. mikr. Anat. Bd. 49 S. 656), der die um einen Pol gruppirte Strahlung als eine

mit der Ueberzeugung zusammen, die sich die verschiedenen Forscher vom Verhalten des Plasmas zum Kern gebildet haben. Unbedenklich erscheint die Einbeziehung der Spindel in die Gesammtstrahlung nur dann, wenn man auch Kernplasma und Zellplasma als einheitliche Substanz ansieht. Die Auffassung aber, dass, wie BOVERI sich ausdrückt, der Kern nur ein für die Dauer der Zellenruhe aus den Chromosomen gebautes Haus sei, dessen inneres Substanzgemenge dasselbe sei, wie das des Zellenleibes, ist bekanntlich erst eine Errungenschaft der Neuzeit, und auch noch heute wird sie keineswegs von allen Forschern zugegeben.

Die Spindel ist der centrale Theil des den beiden Astrosphären gemeinsamen Strahlengebietes. In diesem gemeinsamen Gebiete kreuzen sich die Strahlen unter um so stumpferen Winkeln, je näher sie an der Axe liegen. Die Mantelschicht der Spindel geht ohne bestimmte Grenze in die Nachbargebiete der Strahlung über und enthält, wie diese, gekreuzte Strahlen. Der Forellenkeim eignet sich für Beurtheilung dieser Verhältnisse deshalb gut, weil seine Chromosomen kurze Stäbchen sind, die den Spindelstrahlen in der Längsrichtung sich einfügen. Während der Stufen F2 und F3 kann man deutlich verfolgen, dass chromosomenführende Strahlen jenseits von ihren Chromosomen sich fortsetzen und mit Strahlen, die vom Gegenpol kommen, sich kreuzen. Es sind dies «Halbspindelfasern» nach der Bezeichnung von MEVES[1]). Auch die Strahlen der Centralspindel entstehen ursprünglich durch das Zusammentreffen von sich begegnenden Halbstrahlen. Allmählich

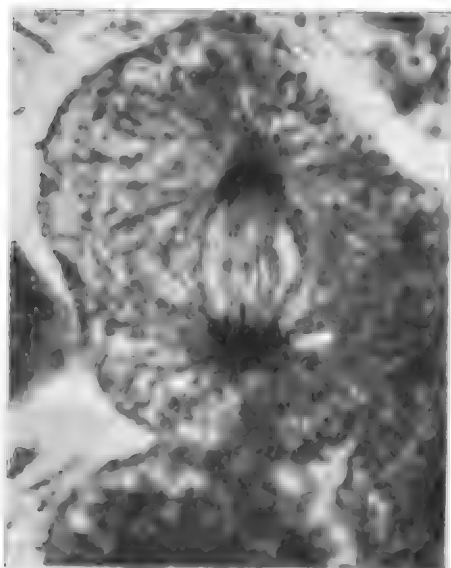


Fig. 15. Zelle aus einem Forellenkeim (Stufe F 3) Spindelstrahlen mit eingelagerten, nicht endständigen Chromosomen.

«förmliche Strahlenkugel schildert, aus der nur der von der Centralspindel und von dem Zugfaserkegel eingenommene Sector ausfällt».

O. HERTWIG (Zelle I S. 163) unterscheidet die Centralspindel als Gebilde eigener Art von den Mantelfasern und leitet sie ausschliesslich vom Kern ab. Ueber die extranucleare Entstehung der Spindeln bei Pflanzenzellen vergl. man STRASSBURGER's Aufsatz im anat. Anz. 1893 S. 181.

1) MEVES 1897 Bericht über Zelltheilung S. 320.

tritt im eigentlichen Spindelgebiete die Umbildung von dicht gedrängten und netzförmig verbundenen Büscheln feiner Strahlen zu einzelnen stärkeren unverzweigten Fäden ein. Im Verlauf der Anaphase treten solche breite unverzweigte Gebilde als Verbindungsstrahlen zwischen den auseinanderweichenden Chromosomenkränzen sehr deutlich hervor, um so mehr, als sie eine hyaline Grundsubstanz überbrücken (Fig. 15). Diese Verbindungsstrahlen erhalten ihren Charakter lange, und während des Dispiremstadiums sieht man sie noch als breite Bänder von einem Verdichtungshof zum andern sich erstrecken. Reste derselben überdauern sogar die volle Zelltheilung und bilden die letzten Spuren der Zusammengehörigkeit auseinandergetretener Zellen.

9) Sämmtliche die Kernumbildung beherrschenden Vorgänge, die Auflösung der Chromatingerüste, die Umlagerung und Theilung der Chromosomen und der Wiederaufbau von Tochterkernen sind von den Centren aus eingeleitet und beherrscht. Die Vorgänge in den plasmatischen Astrosphären sind die primären, die in den Chromatingebilden die secundären.

Obiger Satz ergiebt sich als Folgerung aus der gesammten durch die neueren Forschungen festgestellten zeitlichen Reihenfolge mitotischer Vorgänge. Die an den Kern herantretenden oder in ihn eindringenden Strahlen lösen das Chromatingerüst auf, sie bewirken dessen Umlagerung und, wie das von Rabl entdeckte Polfeld neu sich bildender Kerne zeigt, so sind sie auch bei deren Gestaltung noch maassgebend.

Es ist durch die Versuche von Boveri bewiesen, dass die um das Centrosom herum sich abspielenden Vorgänge unabhängig vom Vorhandensein von Kernen ablaufen können. Indem nämlich Boveri kernlos gemachte Eibruchstücke befruchtete, gelang es ihm die Combination: [Plasma + Centrosoma, ohne Kern] herzustellen. In so zusammengesetzten Gebilden ging die Theilung der Astrosphären in regulärer Reihenfolge vor sich, wogegen die Theilung in einzelne Zellen unterblieb. Es bildete sich ein von Strahlensonnen durchsetztes Syncytium. Boveri weist nun zunächst auf die Möglichkeit eines Dualismus in den Vorgängen der Zelltheilung hin, in dem Sinn, dass zwei getrennte cyklische Processe, die Vorgänge in den Astrosphären und die am Kern, anscheinend unabhängig, neben einander herlaufen und nur während eines Theiles

ihres Verlaufes mit einander in Beziehung treten können. Nun ist die Unabhängigkeit der Astrosphärentheilung vom Kerne erwiesen. Dagegen fehlt, wenn wir von den hier ausser Betracht kommenden Amitosen absehen, der Nachweis von Kerntheilungen ohne Betheiligung von Astrosphären, oder auch nur von Centrosomen. Die von einigen Beobachtern (den Gebr. HERTWIG und H. E. ZIEGLER) an spermatozoenfreien Eiern oder Eistücken wahrgenommenen Kerntheilungen sind unter Erscheinung der Mitose abgelaufen, und, wie BOVERI bemerkt, so war in diesen Fällen den sich theilenden Kernen ein Centrosom beigesellt. BOVERI verlegt bei Erörterung des von ihm aufgeworfenen Problemes den Anstoss zur Einleitung der Theilungsprocesse in einen bestimmten Zustand des Protoplasmas, der entweder direct oder durch Vermittelung des Centrosomas auf den Kern einwirke. Das Wesentliche bei dieser Fassung des Problems liegt in der Würdigung der Zustände im Protoplasma. Die Rolle des Centrosomas würde ich meinerseits mehr in der Erregung dieser Zustände, d. h. in der Veranlassung der Astrosphärenbildung suchen, als in directen Einwirkungen auf den Kern. Als die den Kern umgestaltenden Organe bleiben schliesslich stets die plasmatischen Strahlen der Astrosphären.

10) **Jede Astrosphäre zerfällt in eine Anzahl concentrischer, das Centrosoma umgebender Höfe, die sich durch ihren Gehalt an Morphoplasma und durch dessen Anordnung von einander unterscheiden.**

Wie schon oben erwähnt, unterscheide ich:

1) einen **hellen Innenhof** mit locker gefügtem plasmatischen Gerüst, die **Area lucida**;

2) einen dunkeln ringförmigen **Verdichtungshof**, die **Area opaca**;

3) den **Strahlenhof oder die Area radiata**.

Der letztere pflegt sich in ein diffuses Plasmagerüst, die **Area reticularis** fortzusetzen, die nicht mehr zur eigentlichen Astrosphäre zählt. Im Uebrigen handelt es sich auch bei obigen Scheidungen nur um ein Mehr oder Weniger, denn Innenhof, Verdichtungshof und Strahlenhof haben alle den Charakter eines morphoplasmatischen, aus feinen, untereinander zusammenhängenden Fäden bestehenden Gerüstes. Dabei ist hinsichtlich der Spindelstrahlen zu constatiren, das sie ihre Querverbindung einzuziehen und zu unverweigten Fäden sich umzubilden vermögen.

11) Die absolute und relative Weite der einzelnen Astrosphärenhöfe wechselt innerhalb bedeutender Breiten. Im Allgemeinen lassen sich Contractions- und Expansionsphasen (systolische und diastolische Phasen) aus einander halten. Während der ersteren sammelt sich das Morphoplasma in gedrängter Anordnung um das Centrum, und die Strahlen erfahren eine stetige Verlängerung und Streckung; während der letzteren breitet sich das System morphoplasmatischer Gebilde aus und der Gerüstcharakter tritt mehr in den Vordergrund. Die Prophase und Metaphase

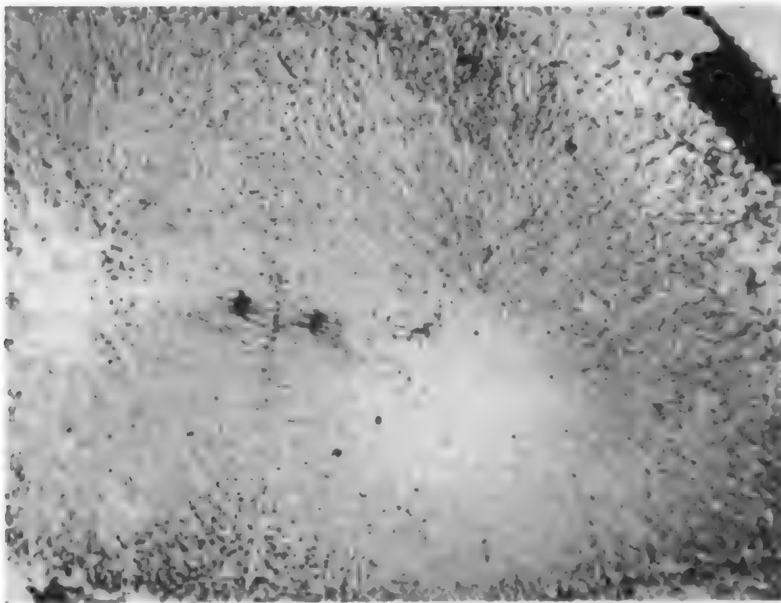


Fig. 16. Anaphase (A 1). Auseinanderweichen der Chromosomenkränze, weite Areae lucidae, beginnende Bildung der Zellplatte.

des Kerntheilungsvorganges fallen mit den Contractionsphasen der Astrosphären zusammen, die Anaphase mit der Dilatation.

Der Wechsel im Verhalten der Astrosphärenhöfe ist schon während der allerersten Furchungsstufen (F1) festzustellen. Ich kann auf die beiden Figuren 5 und 6 verweisen, die derselben Stufe angehören. Die Figuren zeigen die Chromosomen zu einer Aequatorialplatte vereinigt. Die Strahlen der Spindel treten jederseits in Kugeln verdichteter Substanz ein, innerhalb deren nur Andeutungen eines helleren Innenhofes erkennbar sind. Von der Peripherie der dunkeln Kugeln geht ein Wald von straff gespannten und ungemein dichten Strahlen aus, die sich zuletzt in ein sehr feines Plasmagerüst verlieren. Derselben Entwickelungsstufe ge-

hört Fig. 3, an bei der die Sphäre senkrecht zur Spindelaxe getroffen erscheint. Der Verdichtungshof zeichnet sich als wirklicher Ring, und er umschliesst einen hellen Innenhof mit bestimmt hervortretendem Centralkörper. Auch hier sind die Strahlen straff gespannt, und der Durchmesser der Sphäre entspricht dem von Fig. 5.

Aus einem andern Keim derselben Stufe entstammt Fig. 16. Hier sind die beiden Chromosomenkränze schon erheblich auseinander gerückt, und die Theilung der Blastomeren leitet sich durch Bildung einer Zellplatte ein. Der Durchmesser der Astrosphären und der Abstand ihrer Centren ist noch einmal so gross, als bei den Figuren 5 und 6. Die Strahlen sind viel weniger dicht und weniger gespannt, sie bilden nun ein Maschenwerk mit spitzen Zwischenräumen. Vor Allem aber fällt jetzt die bedeutende Weite des hellen, fast structurlosen Innenhofes auf. Ein dunkler Verdichtungshof ist kaum angedeutet, jedenfalls gehen die Strahlen bis zur Grenze des Innenhofes. In einem Theil seines Umfanges liegen mehrfache Reihen gröberer dunkler Körner, die man versucht sein kann, mit den sog. VAN BENEDEN'sche Körnerreihen zu vergleichen. Ich theile im Nachfolgenden einige Maasse mit: Nr. I entspricht Figg. 5 und 6, Nr. II Fig. 3, Nr. III Fig. 16.

	I (Praep. Kn. 140)	II (Praep. Kn. 140)	III (Praep. Kn. 223)
(R) Radius der Strahlensphäre	45 μ	48 μ	120 μ
(r) Radius des Verdichtungshofes	11 „	10 „	—
(ϱ) Radius des hellen Innenhofes	—	4.5 „	20 „
$\left(\frac{CC}{2}\right)$ halber Abstand beider Centren	30 „	—	80 „
$\left(\frac{d}{2}\right)$ halber Abstand der Chromosomenkränze	0 „	—	14 „

Besonders günstig für das Studium der Astrosphärenhöfe habe ich die Stufe F 3 befunden. Die Blastomeren sind noch sehr gross, ihr Plasmagefüge etwas minder dicht und daher besser zu übersehen, als zuvor.

Die von mir geschnittenen Forellenkeime der Stufe F 3 enthalten nur wenig Zellen mit ruhenden Kernen und unausgeprägten Astrosphären (Fig. 17). Die Mehrzahl der Zellen sind in Mitose begriffen; da wo die Kerne durch Wandschichten abgeschlossen sind, liegen ihnen doppelte Astrosphären an, meistens an den Polen

der Längsaxe, zuweilen indessen auch einseitig oder an den Enden der Queraxe. Vereinzelt begegne ich Zellen mit drei Sphären, sowie solchen mit zwei Kernen und vier Sphären (Fig. 19). Die Schnitte mit drei Sphären[1]) sind vielleicht als unvollständige Theilstücke zweikerniger, d. h. mit vier Sphären versehener Zellen zu verstehen. Vielfach finden sich Kerne mit bipolarer Vertheilung der Chromatinmassen. An jedem der beiden Pole liegt eine dichtere Anhäufung von Chromatin, dazwischen ist der Aequator des Kernes chromatinarm (Fig. 18).

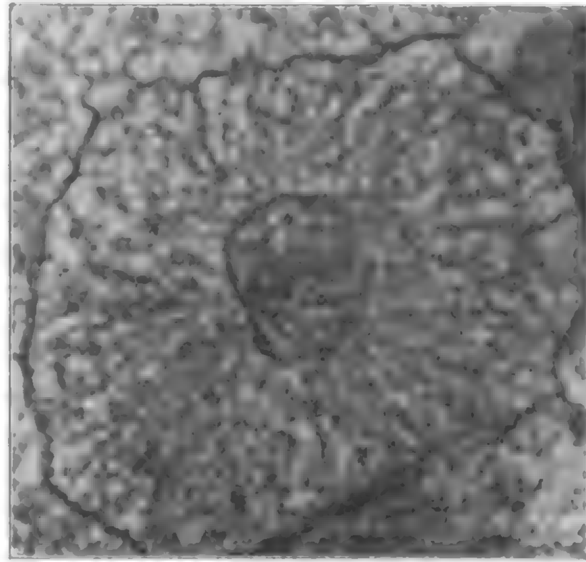


Fig. 17. Ruhender Kern. Forellenkeim, Stufe F 3. Vergr. etwa 800fach.

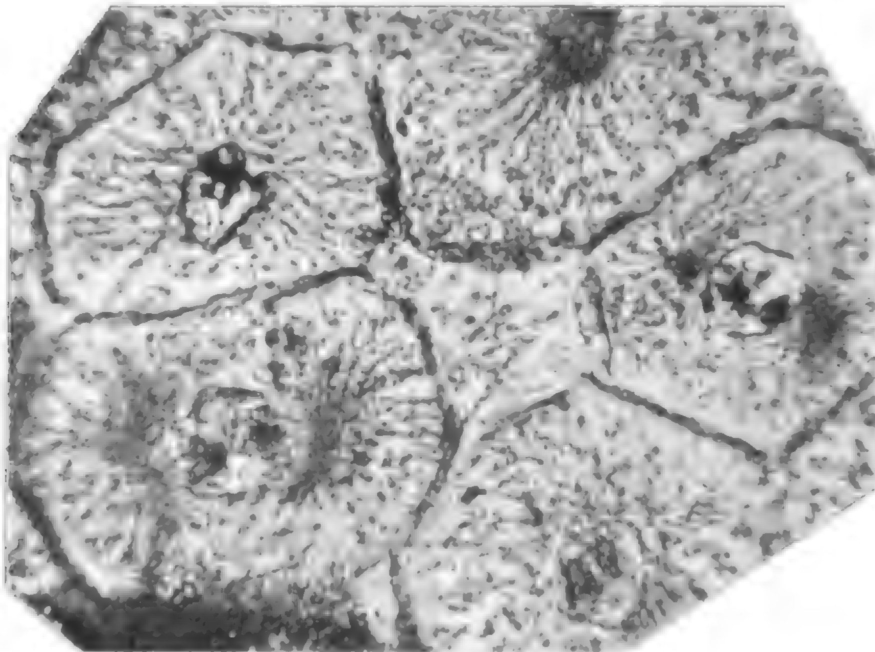


Fig. 18. Forellenkeim, Stufe F 3. Zwei Paare von Zellen mit unvollständig entwickelten Kernen. Der Kern links unten zeigt bipolare Vertheilung der Chromatinmassen. In den übrigen Kernen sind unregelmassige, plumpe Chromatinanhäufungen vorhanden. Diese und die nachfolgenden Figuren sind mit einer Hartnack-schen homogenen Immersionslinse bei etwa 700facher Vergrösserung aufgenommen.

Auch können geradezu zwei Einziehungen den Ort der beiden Polfelder bezeichnen. Die grobe Vertheilung der Chromatinmassen weist darauf hin, dass es sich um Kerne handelt, deren Bildung

1) Auch Henneguy zeichnet Zellen mit 3 Astrosphären.

noch nicht völlig abgeschlossen ist. Die weiteren Vorstufen werden nachher zur Sprache kommen.

Solange die Kerne noch tief eingezogene Polfelder zeigen, um die herum die Chromatinmassen etwas dichter gruppirt sind, dürfen wir sie als unfertig ansehen. Die eigentlich ruhende Form charakterisirt sich durch ein feines und mehr gleichmässig mit Chromosomen besetztes Liningerüst. Die Sphären, die den unfertigen Kernen anliegen, sind noch verschwommen, die von ihnen abgehenden Strahlen wellig und unter einander vielfach verbunden (Figg. 17 u. 20). Der Eintritt der Prophase charakterisirt sich an den Sphären durch das schärfere Hervortreten gestreckter Strahlen und durch bestimmtere Ausbildung eines dunklen Verdichtungshofes. Sowie die Plasmastrahlungen schärfer hervortreten, sieht man von beiden Seiten her Büschel über das Kerngebiet sich ausbreiten (Fig. 19). Es ist schwer zu bestimmen, ob von Anfang ab Strahlen in den Kern selber hineintreten, oder ob sie ihm nur äusserlich anliegen. Jedenfalls treten sie bald in Verbindung mit den über das Kerngebiet zerstreuten Chromosomen, und man kann verfolgen, wie Strahlen von einem Pol in die gegenüberliegende Kernhälfte übergreifen, um mit hier vorhandenen Chromosomen sich zu verbinden[1]). In dieser Zeit begegnet man auch quergestellten



Fig. 19. Forellenkeim, F 3. Beginnende Auflösung des Kernes. Die Strahlen der beiden Astrosphären breiten sich von den Polen her über den Kern aus. Die Chromosomen sind unregelmässig vertheilt und haben vielfach die Form gekrümmter Stäbchen.

1) Das sind möglicher Weise dieselben Bilder, die Henneguy gesehen, aber sehr abweichend gedeutet hat (Leçons s. la Cellule S. 313 Fig. 210). Nach ihm handelt es sich um eine Einwärtsdrängung und Auflösung der Kernmembran durch die Polstrahlen. H. zeichnet eine ziemlich gleichmässige Vertheilung der Chromosomen und bemerkt nichts von deren oben erwähnter bipolaren Vertheilung.

und gekrümmten Chromosomenstäbchen. Eine präcise Zählung der letzteren ist schwer durchzuführen, jedenfalls sind es zu der Zeit nicht unter 24. Durch die von der gegenüberliegenden Seite kommenden Strahlen werden die Chromosomen dem Aequator zugeführt. Bevor sie ihn erreicht haben, bilden sie längs der Spindel Anhäufungen, die verhältnissmässig schmal sind, und die von dem

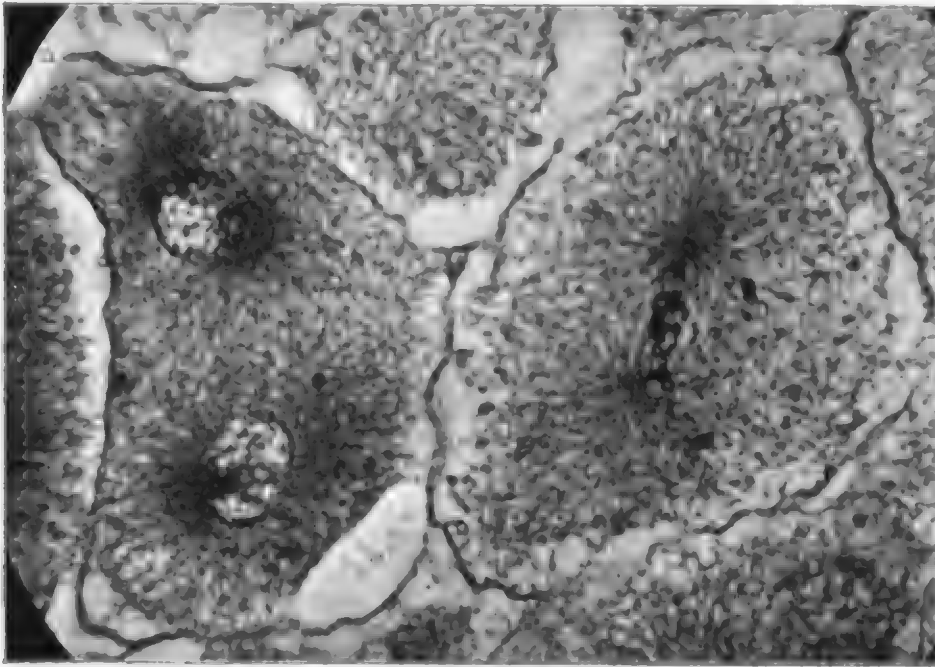


Fig. 20. Forellenkeim, F 3. Links eine Zelle mit 2 Kernen und 4 Sphären. Die Zelle rechts ist in der Prophase der Theilung. Man sieht die Strahlen in die andere Hälfte des Kernes übergreifen. Die Chromosomen bilden einen schmalen Haufen mit unregelmässiger Umgrenzung. Das frühere Gebiet des Kernplasmas ist als heller Hof erkennbar.

ursprünglichen, an seiner hellen Beschaffenheit noch jetzt erkennbaren Kernfeld nur etwa zwei Drittel der Breite einnehmen[1]) (Fig. 20—22).

Die systolische Verdichtung der Sphären und die Spannung ihrer Strahlen nehmen mit dem Eintritte der Prophase zu und erreichen ihr Maximum während der Bildung der Aequatorialplatte.

1) Es ist bemerkenswerth, dass die vom Gegenpol her wirkenden Kräfte auf die Chromosomen eine stärkere Anziehung ausüben, als die vom gleichseitigen Pol kommenden. Wäre dies nicht der Fall, so würden die Chromosomen, anstatt im Aequator zusammengeführt zu werden, sofort nach den gleichseitigen Polen auseinander rücken. HENNEGUY nimmt im Gegensatz zu obiger Auffassung an, dass die Asterstrahlen die Chromosomen vor sich hertreiben und nach dem Aequator hindrängen. Bei dieser Annahme müssten dieselben Strahlen zuerst durch Stoss und dann durch Zug auf die Chromosomen wirken. Das Uebergreifen der Asterstrahlen in die gegenüberliegende Kernhälfte ist aber eine Sache unmittelbarer Beobachtung.

Der Spindelantheil der Strahlen hebt sich nunmehr durch seine dunklere Beschaffenheit aus seiner Umgebung ab. Diese dunklere Beschaffenheit erstreckt sich über den den Centren zugekehrten Theil der Spindeln, sie verliert sich in der Nähe des Chromosomenkranzes. Die Länge der Spindelaxe wechselt in nahe beisammenliegenden Zellen ziemlich erheblich. Theils hängt dies zusammen mit der Grundform der Zellen. Zugleich darf man aber an vitale Schwankungen denken, die mit dem Wechsel im Durchmesser der Aequatorialplatte in Beziehung stehen. FLEMMING hat schon in seinen grundlegenden früheren Arbeiten nachgewiesen, dass sich die Umordnung der Chromosomen zur Aequatorialplatte in stossweise wiederkehrenden Anläufen vollzieht (Figg. 23 u. 24)[1]).

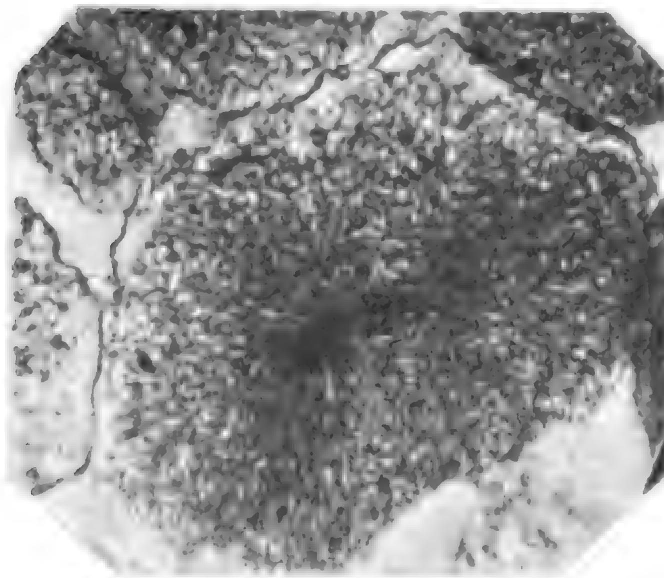


Fig. 21. Forellenkeim, F 3. Zelle in Prophase.

Während der Zeit der Aequatorialplattenbildung erreicht der chromosomenführende Bezirk seine grösste Breitenausdehnung. Sein Querdurchmesser kann zu der Zeit grösser sein, als die halbe Spindellänge, und häufig bildet die im Schnittbilde gesehene Platte mit den ihren Rand berührenden Strahlen ein gleichseitiges Dreieck.

Mit dem Beginn der Anaphase tritt wieder eine erhebliche Verschmälerung des Chromosomenbezirkes ein. Die Chromosomen zeigen sich nunmehr den Spindelstrahlen als dunkle Stäbchen longitudinal eingelagert. Die Verbindung ist aber keine endständige; Fortsetzungen der chromosomenführenden Strahlen lassen sich mit Sicherheit auch jenseits der Stäbchen auf grössere Strecken hin verfolgen (Fig. 15 u. 26).

Gleichzeitig mit dem Auseinanderrücken der Chromosomenkränze, zum Theil noch während des Bestehens der Aequatorialplatte, beginnt der Verdichtungshof der Astrosphären sich auszuweiten. Nun tritt auch der bis dahin kaum unterscheidbare helle

1) W. FLEMMING 1882 Zellsubstanz, Kern-, Zelltheilung S. 212.

Innenhof mehr und mehr hervor, schliesslich wird er zu einem ansehnlichen runden Felde, das vom Verdichtungshof als einem dunklen Ring umsäumt erscheint. Der Radius des Verdichtungshofes steigt von $4\frac{1}{2}$ bis $5\,\mu$ auf 11 bis $12\,\mu$ d. h. auf das $2\frac{1}{2}$fache an. Die Chromosomenkränze kommen bei ihrem Auseinanderrücken dem Verdichtungshof allmählig näher, dann erreichen sie diesen, werden in seinen Umfang mit aufgenommen, und schliesslich gelangen sie nach Durchsetzung des Ringes in den hellen Innenhof, in dem sie sich zum Knäuel zusammenfügen.

Die Structur des Innenhofes ist Anfangs ein feinmaschiges Gerüst, das in der Folge grobmaschig wird, und in dessen Innerm ein secundärer Verdichtungshof, ein Area intima als quergelagerter dunkler Fleck bemerkbar wird (Figg. 27—30). Die Bedeutung dieses innersten Verdichtungshofes ist durch die Beobachtungen von Henneguy klar gestellt. Der Hof enthält zu der Zeit bereits zwei von dichterem Plasma umgebene Centrosomen. Henneguy zeichnet in dem innersten Verdichtungshofe scharf gezogene, aber kurze Strahlen[1]). Andeutungen davon habe auch ich gesehen, aber nicht in gleicher Schärfe. Mit der Zona radiata besteht, wie dies auch Henneguy darstellt, in dieser frühen Zeit noch keine Verbindung. Im weiteren Verlaufe breiten sich aber die inneren Strahlen aus und können bis zum Verdichtungshof vordringen. Entsprechend der Querstellung der Area intima nehmen auch der helle Innenhof und der ihn umgebende Verdichtungsring eine querovale Gestalt an. Am schärfsten zeichnet sich der Verdichtungsring in dem Zeitpunkte, in dem die Chromosomen in ihn vorzudringen beginnen (Fig. 28—30).

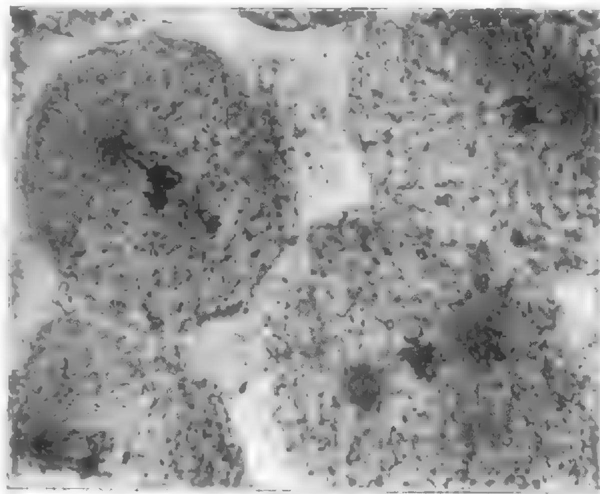


Fig 22. Forellenkeim, F 4. Drei Zellen gegen Ende der Prophase

Während der Einwanderung der Chromosomen in den Innenhof ändert sich auch der Charakter des letzteren, sowie der des

1) Henneguy l. c. Taf. XIX Fig. 3.

Verdichtungsringes. Der Ring weitet sich immer mehr aus, bis er dann schliesslich nahe an die Grenze der hyalinen Randzone herangerückt erscheint (Fig. 31 u. 32). Zugleich lockert sich das Gefüge des Ringes auf, während sich das Gefüge des Innenhofes durch Zunahme und Gröberwerden seines morphoplasmatischen Gerüstes in concentrischer Richtung verdichtet. Der Gegensatz zwischen Ring und Innenhof verwischt sich daher etwas. Ein hyaliner Plasmabezirk von querovaler Gestalt entsteht in der Umgebung des eindringenden Chromosomenknäuels (Fig. 31—34). Am ursprünglichen Verdichtungsring behält der

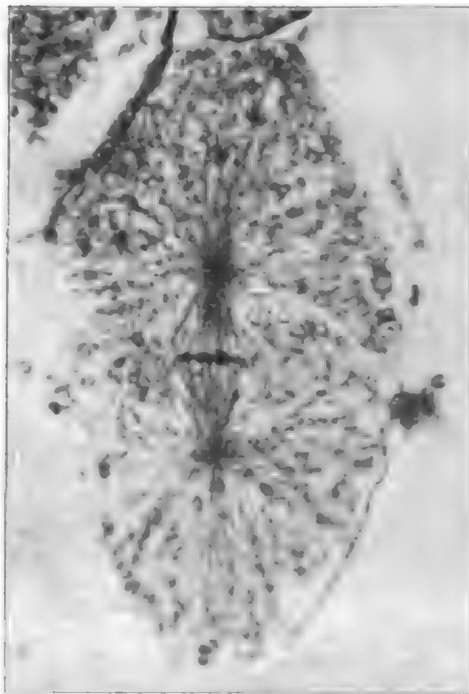




Fig. 23 u. Fig. 24. Forellenkeim, F 3. Aequatorialplatten in 2 Zellen, von denen die eine gestreckte, die andere gedrungene Form hat.

Theil ein dichteres Gefüge, der nach der Theilungsfläche hin gekehrt ist (Fig. 31). Dieser Theil erscheint nun als dunkler, dem zukünftigen Kerngebiete anliegender Streifen, und von ihm aus gehen immer noch breite Strahlen zur Grenzfläche der sich trennenden Zellen; auch sie durchsetzen ein an Hyaloplasma reiches Gebiet.

Nach obiger Darstellung, die in ihrem thatsächlichen Inhalt mit der von HENNEGUY übereinstimmt, entstehen die Tochtersphären im Innern der Muttersphäre, während diese mehr und mehr sich ausweitet und schliesslich randwärts sich verliert. Es ist ein Verhalten, das man demjenigen von sich folgenden Ringwellen

vergleichen kann. Um die Centrosomen herum kommt es zu einer Verdichtung bez. zu einem dichteren Zusammenströmen des Plasmas; nach Art einer Ringwelle breitet sich die primäre Verdichtungszone aus, immer weitere Kreise beschreibend, und während sie so dem Zellenrande zustrebt, entsteht in ihrem Innern neue Wellenringe, die nach denselben Gesetzen sich weiter entwickeln. Will man das Bild noch weiter führen, so kann man die von der Peripherie aus vor sich gehende und centralwärts fortschreitende Wiederverdichtung des primären Innenhofes mit einer zurückgeworfenen Welle vergleichen. Soviel steht fest, dass die Tochter-

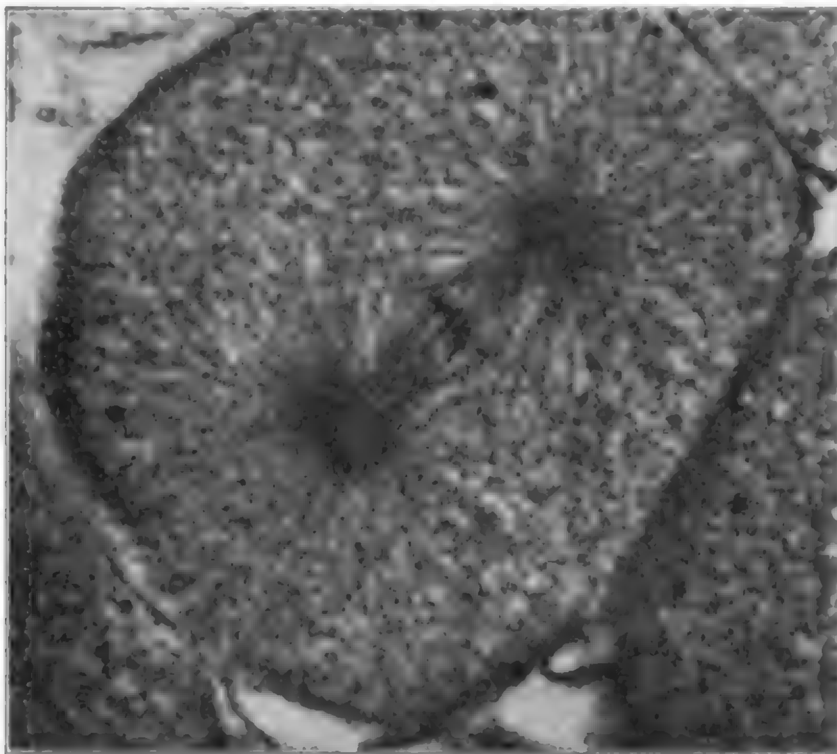


Fig. 25. Forellenkeim, F 3. Beginn der Anaphase.

sphären neue Bildungen sind, die nicht aus der Theilung der alten Sphäre sich ableiten lassen[1]).

Wenn bei Stufe A 3 die Chromosomen in den Innenhof eingetreten sind, verbinden sie sich zu einem höckerig aussehenden Complex, einem Tochterknäuel, oder vielleicht richtiger, einem Agglomerat hyaliner, mit Chromosomen besetzter Klümpchen.

---

1) Hiermit vergleiche man auch die Beobachtungen von Mac Farland, der bei Molluskeneiern nachgewiesen hat, dass die neuen Astrosphären neben und nicht aus den alten Astrosphären entstehen. Zool. Jahrb. X 1897 S. 257 u. Taf. XXII Fig. 45.

Der Durchmesser des Complexes beträgt zu der Zeit nur 7—8 μ, kaum die Hälfte vom Durchmesser eines ausgebildeten Tochterkernes. Auch bildet der Chromosomencomplex nur die eine Hälfte der Kernanlage, die andere Hälfte erscheint als ein aus dem hellen Innenhof abgeschiedener hyaliner Körper, von mehr oder minder regelmässig querovaler Gestalt. Dieser Körper ist Anfangs unscharf umgrenzt, später wird er von einer scharfen Contour umfasst. Er enthält bei voller Ausbildung ein zartes Liningerüst; und er liegt zuerst der Innenseite des Chromosomenkörpers an, dann wird er von diesem überlagert (Figg. 31—34).



Fig. 26. Forellenkeim, F 3. Anaphase (A 1).

Der Kern entsteht somit aus zwei, Anfangs räumlich getrennten Anlagen, aus einem chromatischen und einem plasmatischen Karyoblasten. Die plasmatische Anlage entsteht, unabhängig vom alten Kern, im Innenfeld der Muttersphäre. Die Verbindung beider Anlagen geschieht, soweit ich verfolgen kann, der Art, dass sich der Chromatinkörper über den plasmatischen ausbreitet, Anfangs noch in etwas plumpen, den beiden Polen zustrebenden Massen. Die früher erwähnten und abgebildeten bipolaren Kerne sind m. E. als solche Uebergangsformen anzusehen. Ist man einmal auf diese Verhältnisse aufmerksam

geworden, so findet man auch die Anfangs vermissten Uebergangsstufen. Eine sehr hübsche Uebergangsstufe bilde ich in Figur 35 ab. Hier ist der Chromatinkörper noch als geschlossener Complex vorhanden, der Kern grenzt sich aber bereits durch eine dunkle Wandschicht ab.

Um etwas festere Anhaltspunkte zu gewinnen, habe ich aus zwei gleichweit entwickelten Forellenkeimen der Stufe F3 60 Zellen bei genau 1000, bez. 500facher Vergrösserung photographirt, oder gezeichnet und durchgemessen. Ich theile die einzelnen Messungen in einem Anhang zu diesem Aufsatze in besonderen, nach den Entwickelungsphasen geordneten Tabellen mit. Die Anaphase habe

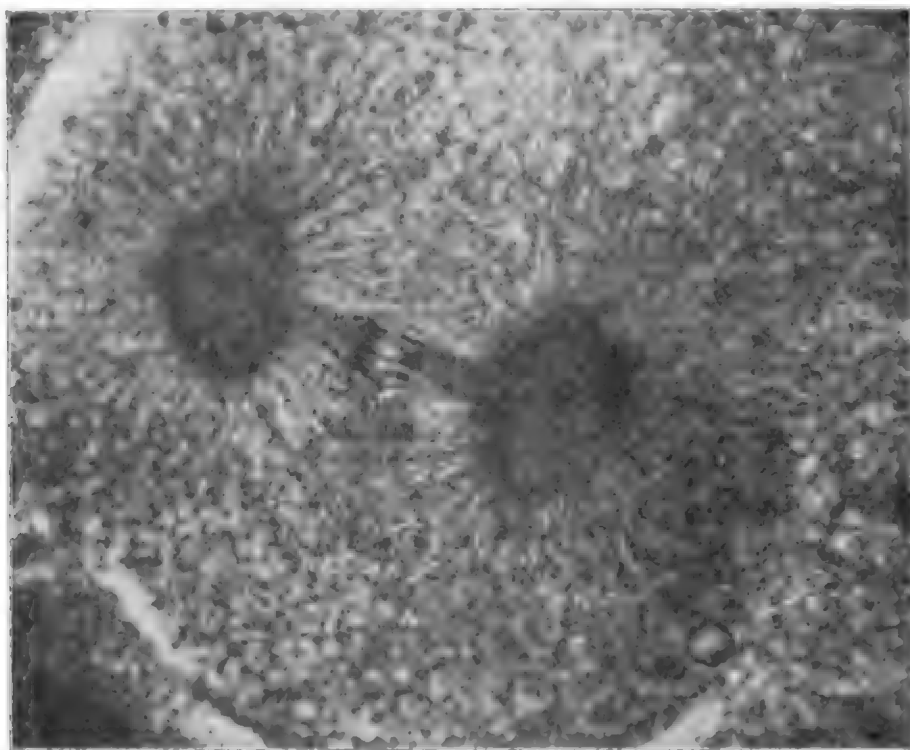


Fig. 27. Forellenkeim, F 3 Anaphase (A 1)

ich in drei Abtheilungen A1, A2 und A3 zerlegt, bei A1 sind die Chromosomen zwischen dem Aequator der Spindel und dem Verdichtungsring, bei A2 treten sie in den Ring ein, bei A3 sind sie in den hellen Innenhof eingetreten und bilden das neue Spirem (Dispirem). Es entfallen von den 60 Zellen 9 auf abgeschlossene Kernformen, 9 auf Prophasen, 15 auf Metaphasen, 25 auf Anaphasen und zwar 9 auf A1 und je 8 auf A2 und A3. Endlich habe ich zur Vergleichung noch zwei fertige Tochterzellen beigefügt. Die Maasse sind nicht alle gleich scharf zu bestimmen. Auch möchte ich auf kleinere Unterschiede der Werthe kein Gewicht legen, bei

allen wichtigeren Punkten sind aber die Differenzen der Werthe so bedeutend, dass sie weit über die denkbaren Fehlergrenzen hinausreichen. Die Zeilenbezeichnungen sind meistens ohne weiteres verständlich. Als Höhe der Chromosomenzone habe ich den Abstand der einander abgewandten Ränder der Chromosomenkränze gemessen, bei A3 also die Abstände der einander abgewandten Ränder der Doppelspireme. Die Breite des Chromosomenbezirkes entspricht dem Durchmesser der den Spindeln anliegenden Chromosomenkränze. Die Breite des Kernfeldes kommt nur während der Prophasen in Betracht, sie zeichnet sich von ihrer Umgebung durch ihre helle Beschaffenheit aus. Ich gebe hier im Texte nur die Zusammenstellung der Mittelwerthe:

Maasse in μ		Kern-stufe	Prophase	Aeq. platte	A_1	A_2	A_3	Tochter-zellen
1. Zellenlänge	Zl	84	81.3	83.3	86.4	83.6	91.2	47.5
2. grösste Breite der Zelle	Zbr	63	62.2	67.7	66.3	52.7	59.5	47
3. Länge des Kernes	Kl	18.6	—	—	—	—	—	16.5
4. grösste Breite des Kernes	Kbr	15	—	—	—	—	—	13.5
5. Radius der Astrosphären	R	—	25.5	24	24.3	23.7	—	—
6. Radius des Verdichtungshofes	r	5.6	4.4	5	6.8	11.5	14	—
7. Radius des Innenhofes	ϱ	—	—	—	—	9.0	11.3	—
8. halber Abstand der Centren	$\frac{CC}{2}$	13.8	13.3	13.7	17.2	17.9	18.2	—
9. Höhe des Chromosomenbezirks	d	—	7.7	1.4	15.5	22	32.4	—
10. Breite des Chromosomenbezirks	D	—	8	12.5	9.2	8.2	7.3	—
11. Breite des Kernfeldes	Kf	—	12.2	—	—	—	—	—

Die ersten 4 Zeilen dieser Tabelle geben zu keiner Bemerkung Anlass. Bei Zeile 5 ist hervorzuheben, dass Messungen der Strahlenlänge nur während der Perioden straffer Ausbildung der Strahlen möglich sind. Im späteren Verlaufe der Anaphase werden die Strahlen bei gleichzeitiger Ausweitung des Verdichtungshofes kürzer, sie nehmen mehr wellige Formen an und lösen sich schliesslich mittelst ihrer zahlreichen Querverbindungen ganz und gar in ein Netzwerk auf.

Auf Stufe F 1 waren während der diastolischen Phase A 1 die Strahlen der Astrosphären erheblich länger als während der Zeit der Aequatorialplatte. Bei Stufe F 3 kann ich derartige Unterschiede nicht wahrnehmen. Dagegen zeigt sich eine Abhängigkeit der Strahlenlänge von der Grösse der Zellen. Je kleiner die Zellen, um so kürzer sind auch die Radien der von ihnen umschlossenen Astrosphären.

In Zeile 6 tritt sehr anschaulich hervor, wie der Verdichtungshof beim Eintritt der Prophase kleiner wird, um dann bald wieder

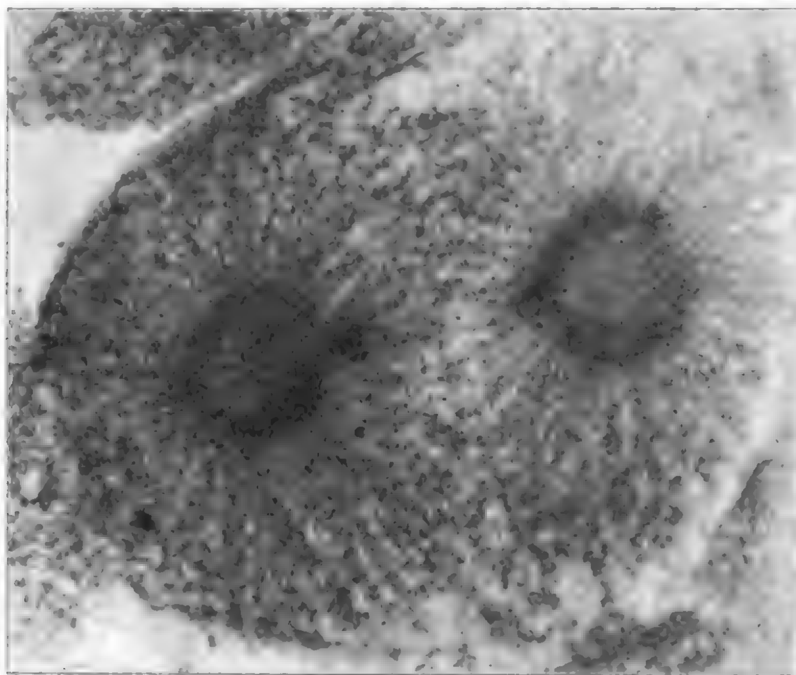


Fig. 28. Forellenkeim, F 3. Anaphase (A 2). Die Chromosomen sind an den Verdichtungsring herangerückt.

zuzunehmen und gegen das Ende der Anaphase ein Maximum zu erreichen, das das Minimum an Durchmesser um das 2 bis 3fache übertrifft.

Zeile 8. Der Abstand der Centren nimmt während der Anaphase nicht unerheblich zu. Zeile 9 bestätigt die durch die directe Beobachtung bekannten Wanderungen der Chromosomen. Bemerkenswerth ist das Ergebniss von Zeile 10. Schon während der Prophase werden die Chromosomen auf einen Raum zusammengedrängt, der schmäler ist als das ursprüngliche Kerngebiet. Nachdem sie dann als Aequatorialplatte sich ausgebreitet hatten, werden sie während der Anaphase wieder mehr und mehr zusammengefasst. Die schon von älteren Beobachtern hervorgehobene Hantelfigur innerhalb der sich theilenden Zellen fällt

in die Phase A 1 (Fig. 26, Fig. 27). Zu der Zeit bilden die Verdichtungshöfe zwei grössere Kugeln, die durch ein schmales Zwischenstück mit einander verbunden sind. Dies Zwischenstück ist die Spindel mit den ihr eingelagerten Chromosomen. Das centrale Ende der beiden Spindelhälften ist dicht gefügt und dunkel, das zwischen den Chromosomen liegende ist hell, und in ihm treten die nunmehr breiten Strahlen sehr deutlich hervor. Je weiter die Chromosomen auseinanderrücken, um so breiter wird das helle von Spindelstrahlen durchsetzte Zwischengebiet.

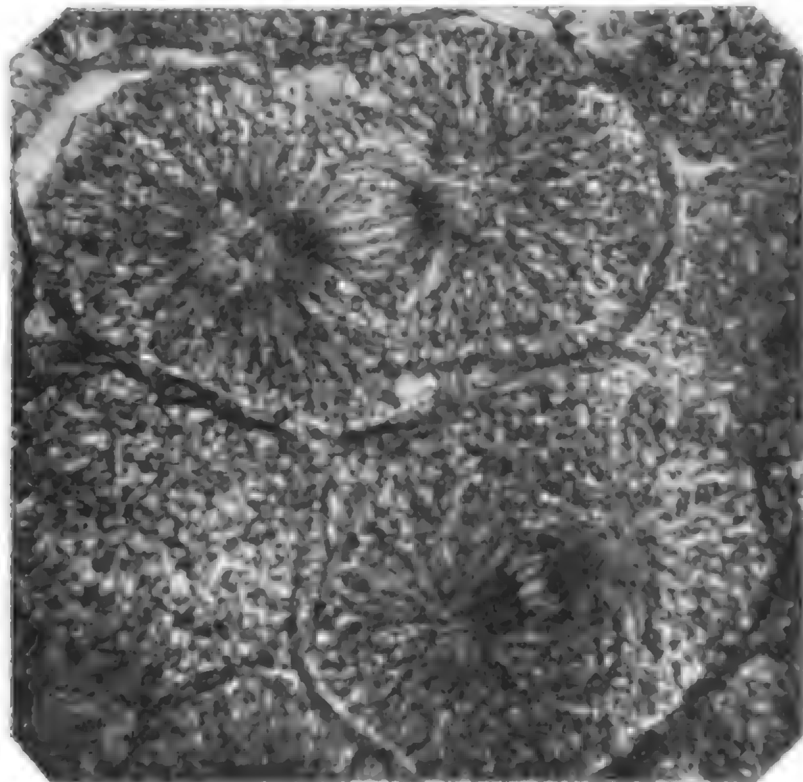


Fig. 29. Forellenkeim, F 3. Anaphase (A 2). Die Chromosomen sind in den Verdichtungsring eingetreten, links ist im Innenhof die Area intima oder der Anfang der Tochtersphären sichtbar.

Während der Furchungsstufen F 4 und F 5 zeigen die in Mitose begriffenen Zellen noch denselben Wechsel in der Ausbildung der Astrosphärenhöfe, wie während der Stufe F 3. Man verfolgt auch an ihnen die ringförmige Ausweitung der Verdichtungshöfe während der Anaphase, den Eintritt der Chromosomenkränze in den dunklen Ring und weiterhin in den hellen Innenhof, und schliesslich die Spirembildung innerhalb des letzteren. Ebenso tritt im Verlauf der Anaphase innerhalb der Wendekreise der Spindel (d. h. zwischen den auseinanderweichenden Chromosomen) eine Anhäufung hyaliner Substanz mit gleichzeitiger Ausbauchung

der Spindelstrahlen ein, als ob diese durch die Zwischensubstanz auseinander gedrängt würden. Auf noch späteren Furchungsstufen nehmen Grösse der Zellen und Menge der Mitosen immer mehr ab. Zu Detailstudien sind daher die späteren Stufen weniger geeignet.

Die mitgetheilten Beobachtungen geben Zeugniss von den während der Kern- und Zellentheilung im Plasmagerüst ablaufenden inneren Bewegungsvorgängen. Sowie es sich aber darum handelt, dem Verständniss dieser Vorgänge näher zu treten, kommen wir nicht um eine Discussion der Plasmastructur herum. Bekannt-

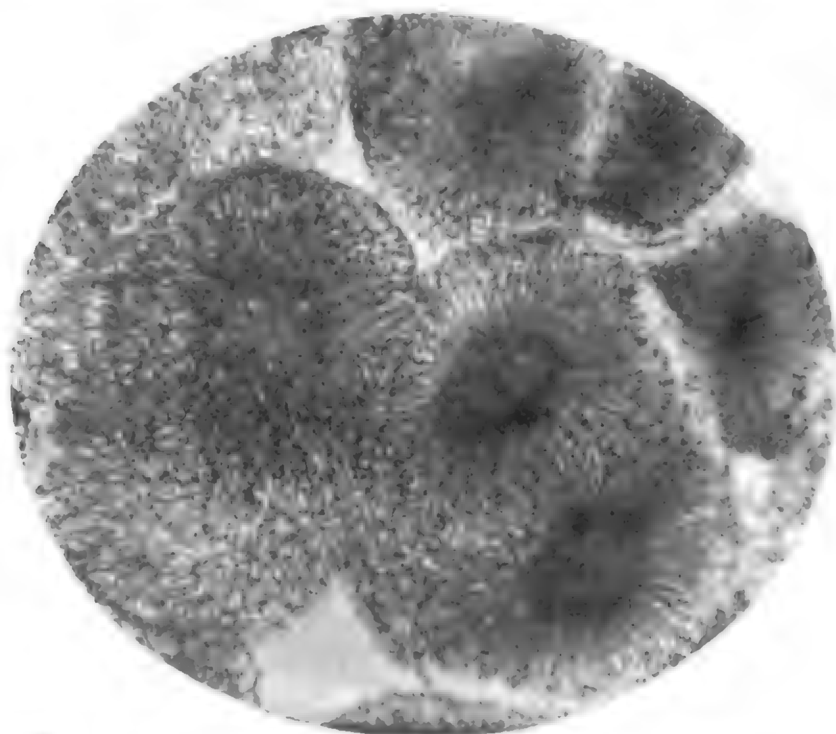


Fig. 30. Forellenkeim, F 3. Rechts Zelle in Anaphase (A 2). Eintritt der Chromosomen in den Verdichtungsring. Ovale Form des letzteren. Anfang der Tochtersphären sichtbar.

lich stehen sich zur Zeit als schärfste Gegensätze Fasertheorien und Schaumtheorie gegenüber, von denen die einen in vorhandenen contractilen oder elastisch gespannten Fasern präformirte Festgebilde voraussetzen, während die andere das Plasma als eine Emulsion ansieht, mit bald gröberer, bald feinerer Vertheilung der Bestandtheile. Dazwischen steht die Vorstellungweise, die an die bekannten Eigenschaften lebenden Protoplasmas anknüpfend, das Morphoplasma für ein Gerüst weicher pseudopodienartiger Substanzstränge hält. In Form und Verbindungsweise sind diese Stränge stetem Wechsel unterworfen und ihnen entlang können Körner und andere körperliche Bestandtheile gleiten.

Der letzterwähnten Vorstellungsweise schliesse ich selber mich an. Wenn sie auch weit davon entfernt ist, eine Erklärung der Erscheinungen zu geben, so fasst sie doch in naturgemässer Weise eine Reihe von gut beobachteten Thatsachen unter gemeinsamem Gesichtspunkte zusammen. Ihr entsprechen die Erfahrungen, die man über die Eigenschaften des lebenden Keimprotoplasmas schon vor Eintritt der Befruchtung machen kann, sowie die Erfahrungen, welche M. SCHULTZE, KÜHNE, DE BARY und so manche andere Beobachter an den Pseudopodien von Rhizopoden, am Plasma von

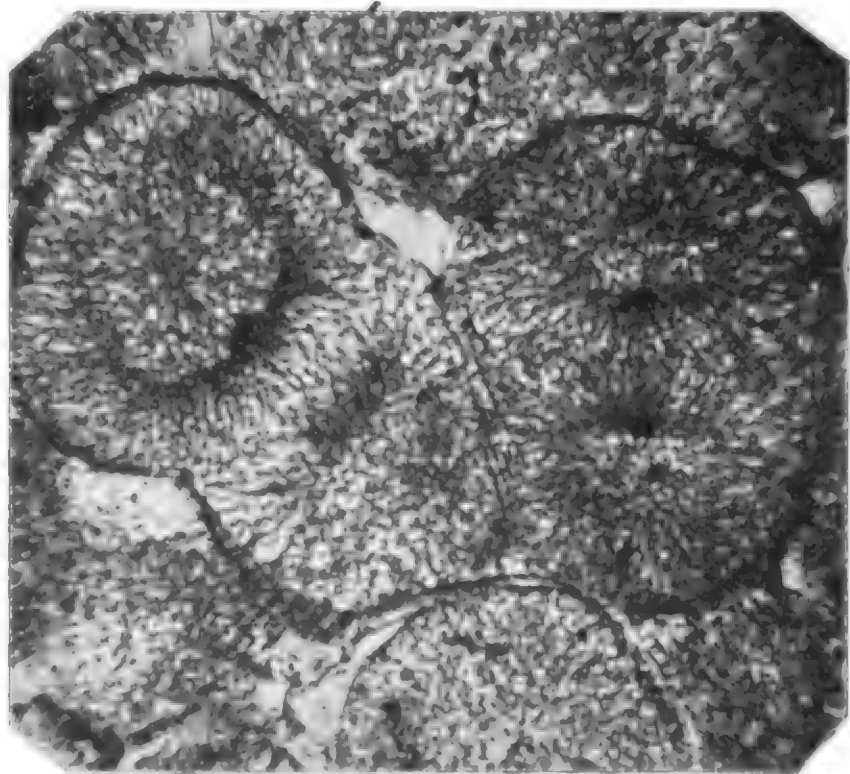


Fig. 31. Forellenkeim, F 3. Die Chromosomen beginnen den Verdichtungsring nach einwärts zu überschreiten (Zelle links oben). Die secundären Sphären treten deutlich hervor, und zwischen ihnen und den Chromosomen hellt sich das Plasma auf

Pflanzenzellen, an den Plasmodien von Schleimpilzen und an anderen verwandten Objecten gesammelt haben. Alle diese Erfahrungen, zu denen noch die an lebenden Fischkeimzellen zu machenden hinzukommen, bestätigen in gleicher Weise die innere Verschiebbarkeit plasmatischer Gebilde und ihr Vermögen, in wechselnden Formen sich auszubreiten und wieder zusammen zu treten. Während dadurch das lebende Plasma einer zähen Flüssigkeit vergleichbar erscheint, kommt andererseits den aus ihm gebildeten Fäden eine Dehnbarkeit zu, die auf einen festeren Zusammenhang ihres molecülären Gefüges hinweist. Auch haben für pflanzliches Proto-

plasma die Festigkeitsbestimmungen von W. Pfeffer dargethan, dass seine Widerstandskräfte gegen Zerreissen und Zerdrücken keineswegs gering anzusetzen sind[1]). Im Uebrigen scheint mir die Vorstellung, dass die Masse in bestimmten Bezirken, wie vor Allem in den bei schwacher Vergrösserung feinkörnig erscheinenden, einen vacuolisirten oder Wabencharakter annehmen könne, völlig zulässig, während ich mich vorerst zur vollen Generalisation der Wabenlehre nicht entschliessen kann[2]).

Als ein in sich zusammenhängendes Gerüst erscheint das gesammte die oben beschriebenen Keimzellen durchsetzende Morphoplasma von der das Centrosom umgebenden Innenzone ab bis zu der membranartig abschliessenden äusseren Grenzschicht. In seinen verschiedenen Abschnitten verschieden dicht gefügt, ändert das Gerüst während der wechselnden Phasen des Zellenlebens stetig seine Anordnung. Das Material, das in einem Zeitpunkt der Verdichtungszone angehörte, kann ein anderesmal in die Strahlenzone übertreten und umgekehrt, und es ergiebt sich schon daraus

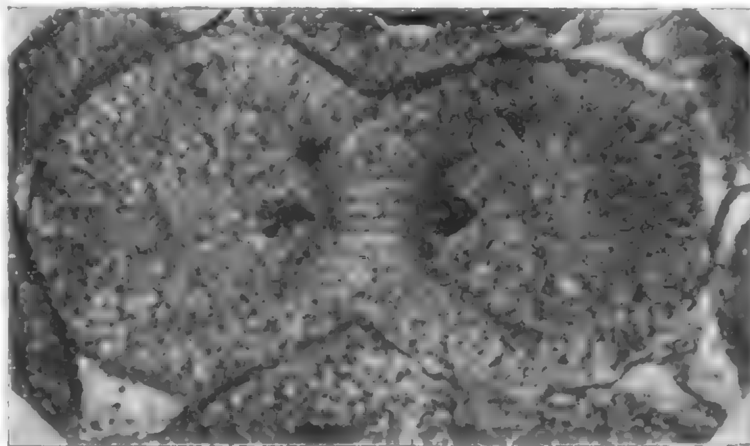


Fig. 32. Forellenkeim, F 3 (Anaphase (A 3). Die Chromosomen sind in den Innenhof eingetreten, in ihrer Umgebung liegt ein heller, vom übrigen Innenhof abgegrenzter Bezirk.

1) Für 1 Quadratmillimeter Querschnitte bestimmte Pfeffer am Plasma von Chondrioderma die Zugfestigkeit auf 120—300 mgr, die Druckfestigkeit auf 80 mgr.

Eine neuere Discussion der Verhältnisse am lebenden pflanzlichen Protoplasma giebt M. Heidenhain (Sitzungsb. der Phys.-Med. Ges. in Würzburg 1898) Einiges über die sog. Protoplasmaströmungen. Er tritt nunmehr für die Schaumstructur des Protoplasmas in die Schranken.

2) In der Regel werden die Ausdrücke «Waben- und Schaumstructur» vermischt gebraucht, obwohl sie sich keineswegs decken. Schäume sind Gemenge von zwei sich nicht mischenden Flüssigkeiten, wogegen wir bei Waben an Hohlräume denken, die durch feste Wandungen von einander geschieden sind. In Betreff des Nachweises von Schaumstructuren finde ich bei Erlanger l. c. S. 349 nachfolgenden Satz: «Dass die Structur des Ascariseies eine wabige und keine netzige ist, lässt sich natürlich nicht direct nachweisen, wohl aber aus einem Vergleich mit der Structur anderer Zellen, sowie den künstlichen Schäumen schliessen.»

die Unmöglichkeit, einzelne Zonen, wie etwa die Attractionssphäre, oder den VAN BENEDEN'schen Körnerkranz als individuelle Bildungen aus dem Gesammtcomplex des Plasmagerüstes herauszuheben. Ebensowenig lässt sich die Vorstellung festhalten, dass die Astrosphären- und Spindelstrahlen vorgebildete Fasern seien. Dem widerspricht die Thatsache, dass diese Strahlen als Theilstücke eines körperlichen Gerüstes entstehen, und dass sie nach vorübergehender, anscheinend isolirter Existenz wieder zu Gerüsttheilen werden.

Auch lässt sich die Vorstellung von Zugfasern nur in modificirter Form mit der Beobachtung vereinbaren. Soviel ist ja sicher, dass Plasmastrahlen den Process der Kerntheilung einleiten, und dass sämmtliche Verschiebungen der Chromosomen unter der Herrschaft von Strahlen vor sich gehen. Die Beobachtung von Mantelstrahlen, die über die Chromosomen hinausreichen, stimmt zwar nicht mit der viel verbreiteten Annahme, dass Zugfasern endständig sich anheften müssen, im Uebrigen steht sie mit der Möglichkeit von Zugwirkungen nicht in unbedingtem Widerspruch, denn eine contractile Faser vermöchte auch bei nicht endständiger Anheftung den ihr verbundenen Theil zu bewegen.

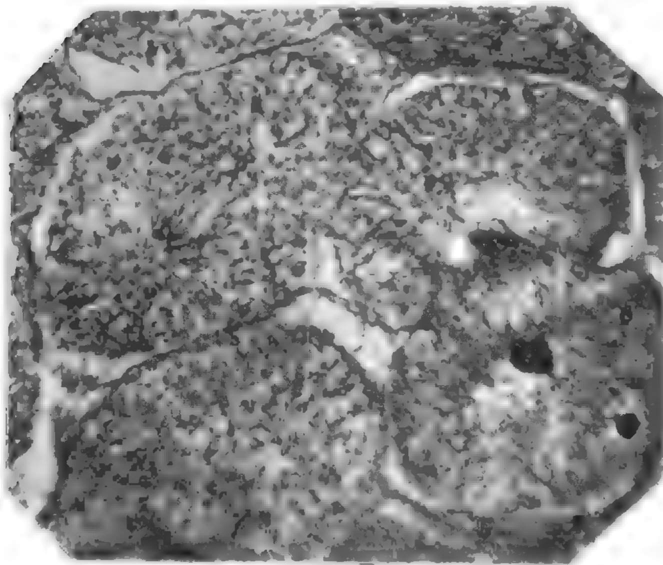


Fig. 33. Forellenkeim, F 3. Der plasmatische Karyoblast hebt sich bestimmter ab, ohne indessen scharf umgrenzt zu sein. Der chromatische Karyoblast ist im Dispiremstadium.

Was aber in den eben mitgetheilten Beobachtungen gegen die einfache Annahme contractiler Fasern spricht, das ist das Verhalten der Gerüstbestandtheile während der verschiedenen Phasen der Chromosomenwanderung. Um mit der Endphase zu beginnen, so erwartet man, die contractilen Fasern im Maximum verdickt und zusammengedrängt zu finden, wenn die Chromosomen in ihre Endstellung eingerückt sind. Statt dessen ist zur Zeit der Spirembildung der Chromosomencomplex in den Innenhof gelangt in dem überhaupt keine primären Strahlen vor-

handen sind, und in dem das Morphoplasmagerüst völlig aufgelockert erscheint. Die primären Strahlen hören an unserem Objecte mit dem Verdichtungsring auf. Die enorme Ausweitung der inneren Astrosphärenhöfe während der Anaphase steht auch ihrerseits im Widerspruch mit dem, was man bei Annahme muskelähnlicher Contraction der Strahlen annehmen sollte. Jedenfalls darf man nicht an Gesammtcontractionen von Fasern denken, sondern eher an hin- und herwogende Contractionswellen, die zur Verdickung bald dieses, bald jenes Abschnittes des Gesammtgerüstes führen. E. STRASSBURGER, der der Annahme von Zugfasern auf Grund seiner an Pflanzenzellen gemachten Beobachtungen

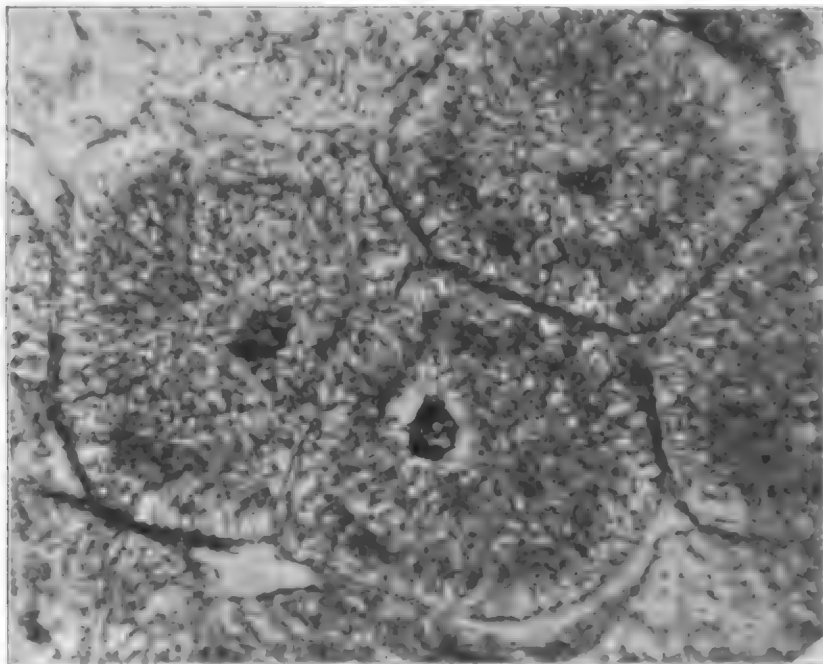


Fig. 34. Aehnliche Stufe wie Fig. 33. Der chromatische Karyoblast hat sich vom Verdichtungsring völlig getrennt.

sehr bestimmt entgegentritt, denkt bei Bewegung der Chromosomen an active Verschiebungen unter der Einwirkung chemotactischer von den Centren ausgehender Reize. Das Wort erklärt leider nicht sehr viel, und wir kommen schliesslich nicht über die nackte Thatsache hinaus, dass die Chromosomen längs der Spindelstrahlen nach den Polen hin sich verschieben oder verschoben werden. Unter allen Umständen behalten die Spindelstrahlen die Bedeutung von Leitstrahlen.

Eine besondere Beachtung verdienen die Verschiebungen des Hyaloplasmas. Bekannt sind die bedeutenden Breiteschwankungen, die man an der hyalinen Randzone lebender Zellen im Verlauf

ihrer amöboiden Bewegungen zu verfolgen vermag. Hier handelt es sich um ein Zu- oder Abströmen von Hyaloplasma in peripherische Zonen der Zellen. Auf Strömungen nach dem Centrum hin ist die Bildung und Ausweitung des Innenhofes zu beziehen, die wir als einen die Anaphase begleitenden typischen Vorgang kennen gelernt haben. Von früheren Forschern haben FOL und MARK intracelluläre centripetal oder centrifugal gerichtete Flüssigkeitströmungen als wesentliche Erscheinung der Zelltheilung angesehen. Später hat man diesen Factor weniger in Betracht gezogen.

Es ist sicherlich Vielen willkommen, dass W. FLEMMING in seinem neuesten Zellenbericht vom Jahre 1897 die Fragen der

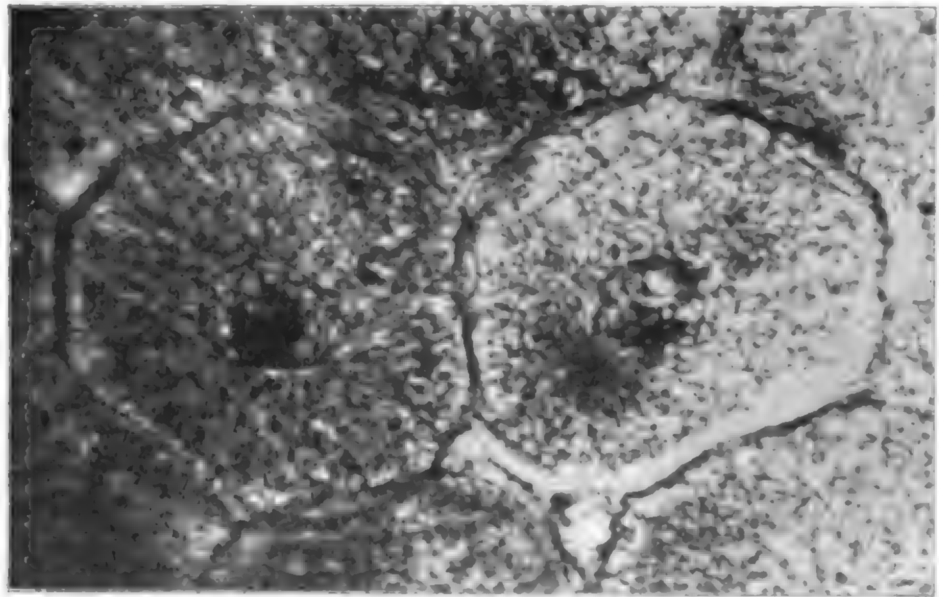


Fig. 35. Forellenkeim, F 3. Der Plasmahof der Tochterkerne ist nunmehr rings herum scharf abgesetzt. Das Chromatin beginnt an seiner Oberfläche sich auszubreiten, seine Hauptmasse bildet indessen noch einen grösseren Klumpen.

Plasma- und der Sphärenconstitution wieder in seiner vielerfahrenen und umsichtigen Weise besprochen hat. Seine Darstellung ist auch diesmal eine wesentlich ausgleichende, und selbst den heftigen Angriffen CARNOY's gegenüber weiss er vermittelnde Worte zu finden; andererseits weigert er sich, in Fragen des HEIDENHAIN'schen Spannungsgesetzes Partei zu ergreifen. FLEMMING spricht seine Befriedigung darüber aus, dass seine Lehre als Fadengerüstlehre bezeichnet wird; auf Grund der eigenen Erfahrung darf auch ich mich unter die Anhänger einer solchen Lehre rechnen.

Die einfache Wahrnehmung, dass man bei jungen Zellen Gerüststructuren findet, die schon bei 100—200facher Vergrö-

sserung zu verfolgen sind, hatte mich veranlasst, Structuren erster und zweiter, d. h. gröberer und feinerer Ordnung zu unterscheiden. Dagegen hat Flemming Bedenken ausgesprochen, indessen zeigt es sich doch, dass selbst bei dichten protoplasmatischen Gebilden, wie sie z. B. in den Blastomeren der Forelle vorliegen, die bei mittleren Vergrösserungen sichtbaren Strahlen und Gerüstbälkchen keineswegs einfache Fäden zu sein pflegen, sondern schwächere oder stärkere Stränge von solchen.

Von besonderem Interesse sind Flemming's Aeusserungen über die Sphären und deren Beziehungen zum übrigen Plasma. «Als Sphäre im eigentlichen Sinne,« so drückt er sich aus, «fahre ich fort, die Substanz zu bezeichnen, welche bei der Theilung um die Centrosomen, bez. um die Polkörper her irgend eine Differenzirung bildet. Es ist längst bekannt, dass diese Substanz einen sehr grossen Wechsel zeigt, dass sie während der Theilung bald verschwindend gering, bald ausgedehnt ist, dass die Strahlungen, die von ihr ausgehen, weit in den Zellenkörper reichen, dass in solchen Zuständen von einer Abgrenzung einer Sphäre nach Aussen nicht zu reden ist; es versteht sich ferner ganz von selbst, dass die Substanz, welche bei voller Strahlung die Radien und den hellen Innentheil um die Centrosomen bildet, in irgend einer Weise aus dem Zellkörper differenzirte Substanz sein muss, denn sie ist ja unendlich mächtiger, als die Substanz um den Centralkörper ursprünglich war. Aber ich glaube, wir können noch nicht annehmen, dass solche Substanz im Zustand ausserhalb der Theilung ganz fehlt, auch wenn sie so verschwindend geringfügig ist, dass sie sich einstweilen vielfach nicht nachweisen lässt.» Wenn ich Flemming richtig verstehe, so meint er eine, vielleicht als Reiz wirkende besondere chemische Substanz, für die dann allerdings der Ausdruck «Sphärensubstanz» besser passen würde als «Sphäre». Vom Plasma chemisch differenzirt sind sicherlich die Centrosomen (Polkörperchen). Wegen ihrer Kleinheit werden sie sich aber wohl noch lange einer gesonderten chemischen Untersuchung entziehen. Für diese Centrosomen (die Centriolen von Boveri) schlägt Flemming vor, den Namen «Centralkörper» zu gebrauchen und nur die grösseren Gebilde Boveri's Centrosomen zu nennen. Ich fürchte das letztere Wort sitzt schon zu fest an den kleinen, von Heidenhain gefärbten Körperchen, und die Unterscheidung von zwei Worten, von denen das eine nur die Uebersetzung des an-

dern ist, wird sich im Sprachgebrauch nicht festhalten lassen. Die Rückkehr zum alten Ausdruck «Polkörperchen» hätte vielleicht mehr Aussicht, durchzudringen.

12) Die Umschliessung plasmatischer Gebilde durch membranöse Grenzschichten erfolgt unabhängig vom Einfluss von Centren, sie beginnt stets ausserhalb der Strahlenbereiches der Astrosphären, bez. nachdem vorhandene Strahlen sich entspannt und in ein Gerüst aufgelöst haben. Sie leitet sich auch im Gebiete der sog. Verbindungsstrahlen mit einer Umgestaltung der letzteren ein.

Für den ersteren Satz dieser These liegt der Beweis darin, dass sich Protoplasmamassen auch da mit Grenzschichten umgeben, wo sie der Centren entbehren. So grenzt sich beim Fischei die Rindenschicht des Dotters nach Aussen hin durch eine Zona limitans ab, obwohl sie weder Kerne noch Centren umschliesst. Vielleicht kann man noch einen Schritt weiter gehen und behaupten, dass der Einfluss der Centren die Membranbildung[1]) hemmt. Es lässt sich hierfür das Verhalten von Syncytien anführen, in denen es nicht zur Membranbildung kommt, so lange die von den Centren aus wirksamen richtenden Kräfte überwiegen, und das Plasma von Strahlen durchzogen bleibt.

13) Die membranösen Grenzschichten der Furchungszellen bilden sich aus deren peripherisch gelegenem diffusen Plasmagerüst durch locale Verdickung und Verschmelzung seiner Bälkchen.

Für das Studium der Membranbildung erweisen sich die frühen Furchungsstufen F1—F2 ausgezeichnet günstig. In grossem Maassstabe kann man hier Vorgänge verfolgen, die in späteren Zeiten nur sehr verkleinert wiederkehren und alsdann in ihrem Wesen viel schwerer zu entwirren sind. Für die Stufe F1 kann ich an Figur 16 anknüpfen. Die hier dargestellten Zellen werden durch einen unregelmässigen dunkeln Streifen halbirt, der in der Länge von etwa $^1/_6$ mm senkrecht zur Spindelaxe verläuft. Beiderseits hängt er mit der gleichfalls dunkleren Gürtelzone zusammen, die den einspringenden Winkel zwischen den beiden aneinander stossenden Astrosphären einnimmt. Der fragliche dunkle Streifen ist die

1) Nachdem ich mich in einem früheren Aufsatz über die Natur membranöser Zonae limitantes geäussert habe, darf ich, ohne missverstanden zu werden, kurzweg das Wort Membran brauchen.

sog. Zellplatte der Autoren, und zwar entspricht er im weitaus grösseren Theile seiner Ausdehnung einer protoplasmatischen Zellplatte im Sinne Carnoy's. Nur ein schmaler Theil desselben schneidet die Spindel. Der Streifen ist in den an die Gürtelzone anstossenden Strecken zweizeilig, d. h. er besteht aus zwei durch einen hellen Zwischenraum getrennten Streifen. Bei starker Vergrösserung löst sich das Bild in ein Plasmagerüst auf, dessen Bälkchen im Bereiche der dunklen Streifen verdickte Knotenpunkte und zahlreiche Querverbindungen zeigen, während in den helleren Stellen die Maschenräume ausgeweitet erscheinen. Bilder von handgreiflicher Klarheit habe ich bekommen, als ich die bei 6—800facher Vergrösserung aufgenommenen Photogramme fernerhin 5mal vergrössert auf Papier copirte. An solchen 2—4000fach vergrösserten Bildern kann man Masche für Masche verfolgen und sogar, wenn man will, die Weite derselben ausmessen, und der

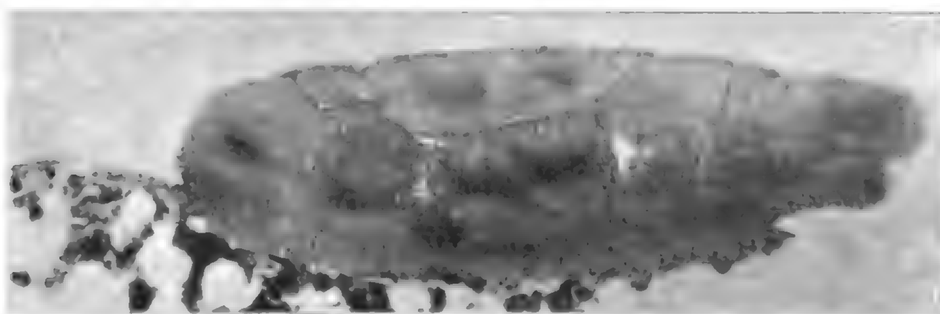


Fig. 36. Forellenkeim von Stufe F 2, senkrecht geschnitten

Gerüstcharakter des gesammten Maschensystems tritt an solchen stark vergrösserten Photogrammen mit überzeugender Klarheit zu Tage. Die die Spindel halbirende Platte besteht ihrerseits aus einer Anzahl knötchenförmiger Verdickungen. Die Verbindungsfasern selber haben ihre regelmässigen Fadenformen verloren, sie sind stellenweise dünner, stellenweise dicker und gehen im Bereich der Platte transversale Verbindungen mit einander ein.

Die Stufe F2 eignet sich deshalb besonders gut zum Studium der Membranbildung, weil ihre umfangreichen Blastomeren zum Theil schon umsäumt, zum Theil aber noch offen sind, derart, dass nebeneinander an derselben Blastomere geschlossene und offene Strecken liegen. Soweit die Blastomeren eng zusammenhängen, besteht eine jede aus einem dichter gefügten Innentheil und einer helleren, den Zusammenhang mit den Nachbarn vermittelnden Randzone. Beide Abschnitte zeigen eine feinmaschige

Gerüststructur mit vorwiegend strahliger Anordnung der Bälkchen. Innerhalb der helleren, die Blastomeren verbindenden Zwischenstrassen oder Diasteme treten weiterhin die trennenden Scheidewände auf. Diese entwickeln sich aus verdichteten Strecken des Plasmagerüstes, bald als einfache, bald als doppelte Streifen, zackig und von wechselnder Dicke. Anscheinend einfache Streifen sieht man stellenweise auseinander weichen und rundliche Lücken, als eine Art von Stomata, zwischen sich lassen. Da, wo zwei Grenzplatten neben einander herlaufen, bleiben sie durch Zwischen-



Fig. 37. Syncytium der Keimbasis. Forellenkeim, F 2. Rechts beginnende Membranbildung. Links dreieckige Lücken mit grobem Gerüst.

bälkchen mit einander verbunden und geben auch dadurch zu erkennen, dass sie ihrem Wesen nach Bestandtheile des allgemeinen Plasmagerüstes sind.

Besonders deutlich gestalten sich die Verhältnisse da, wo drei Blastomeren zusammentreffen. In dem Falle sind die auf einander folgenden Stufen der Entwickelung: Zuerst die Umbildung des feinmaschigen Plasmagerüstes in ein weitmaschiges mit gröberen Balken; dann folgt auf einer oder auf zwei Seiten die streckenweise Verdichtung des Randgerüstes der Blastomeren und die Bildung zusammenhängender tangential gestellter Platten; und zuletzt entstehen scharf hervortretende Grenzschichten, zwischen

denen ein dreieckiger, Anfangs noch von Gerüstbalken durchsetzter Zwischenraum offen bleibt.

In übereinstimmender Weise ergeben die verschiedenen Beobachtungen, dass es zwischen auseinanderweichenden Zellen nicht ohne Weiteres zur glatten Trennung kommt. Mehr oder minder lang erhalten sich intercelluläre Verbindungsbrücken als Reste des früheren Zusammenhanges. Als solche intercelluläre, dem Spindelgebiete angehörige Reste sind wohl auch die in neuerer Zeit viel discutirten Flemming'schen Zwischkörperchen zu verstehen[1].

14) Die Bildung von Syncytien tritt entweder im Verlauf der Zellentheilung als Folge verzögerter Membranbildung ein, oder sie erfolgt secundär durch Verschmelzung zuvor getrennter Zellen. Im ersteren Falle kann sich ein Syncytium durch nachträgliche Membranbildung wieder in einzelne Zellen auflösen.

Im vorigen Abschnitte ist gezeigt worden, dass bei der Keimfurchung die Bildung eines plasmatischen Fachwerkes mit reichlichen Querverbindungen der Bildung von abschliessenden Membranen vorausgehen muss. Nach der zeitlichen Reihenfolge ordnen sich die Vorgänge der regulären Zelltheilung also:

1) Das Hervortreten dynamischer Centren, charakterisirt durch die zunehmende Ausprägung von Polstrahlungen.

2) Die Auflösung des Kerngerüstes und die Umlagerung der Chromosomen.

3) Die Lockerung der Strahlen und ihr Uebergang in das peripherische Plasmagerüst.

4) Die Bildung einer Zellmembran.

Die Neubildung der Kerne fällt in die Phasen 3 und 4 und steht, soweit wir wissen, mit den Vorgängen im peripherischen Plasmagebiete in keinen Abhängigkeitsbeziehungen.

Fassen wir die obigen Phasen 1—2 als Actionsphasen der

---

1) W. Flemming 1891 Arch. f. mikr. Anat. Bd. 37 S. 690. Man vergl. auch den Aufsatz von R. W. Hoffmann über Zellplatten und Zellplattenrudimente Z. f. w. Zool. Bd. 63. Dagegen gehören die von Hammar beschriebenen Verbindungen zwischen Furchungszellen an Eiern von Seeigeln und von anderen Wirbellosen (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 47 S. 14 u. Bd. 48 S. 92) offenbar nicht in die oben besprochene Kategorie von Strahlenresten. Gleich Flemming bin ich eher geneigt, sie für secundäre Verbindungen zu halten, für Verbindungen der Zonae limitantes. Bei früherem Anlass (His Archiv 1894 S. 64 ff.) habe ich so verbundene Zellschichten als «Mauerformen» bezeichnet.

Centren auf, so bezeichnen die Stufen 3 und 4 die Wiederkehr zu Phasen der Ruhe. Wenn sich nun aber die Wiederkehr zur Ruhe verzögert, oder wenn sie nur unvollkommen erfolgt, so kann sich Stufe 1 anstatt an 4 an 3 anschliessen, d. h. die Theilung und Neubelebung der Centren tritt ein, bevor es zur Membranbildung gekommen ist. Die Astrosphärengebiete bleiben in directem Zusammenhange mit einander, oder sie werden nur durch helle Zwischenstrassen, die Diasteme, von einander geschieden. Dieser Zustand kann einer vollen Zellentrennung Platz machen, indem sich innerhalb der Diasteme neue Membranen bilden[1]).

15) Membranöse Grenzschichten schliessen das Wirkungsgebiet der Centren ab; wo sie fehlen, da können benachbarte Strahlengebiete in einander übergreifen und sich zur Bildung von tripolaren und pluripolaren Spindelsystemen verbinden.

Auch dann, wenn die Centren von Astrosphären nahe an den Zellenrand herangerückt sind, die letzteren somit nur einseitig sich auszubreiten vermögen, greifen ihre Strahlen niemals in Nachbarzellen über. Andrerseits aber erscheinen ganz allgemein, nicht nur an unserem Object, sondern in hervorragender Weise auch in krankhaft wuchernden Geschwülsten Syncytien als Stätten pluripolarer Spindelbildungen und Mitosen. Von besonderem Interesse sind in der Hinsicht die experimentellen Ergebnisse von BOVERI. Durch Pressung, sowie durch systematisch vorgenommene Abkühlung ist es diesem Forscher gelungen, an Seeigeleiern früherer Furchungsstufen die Membranbildung hintanzuhalten, und in solchen Eiern kam es zu tripolarer und quadripolarer Spindelbildung.

Auf äussere Einflüsse muss ich auch die abnorm ausgedehnte Syncytienbildung beziehen, die ich an zahlreichen Eiern einer Forellenbrut vom Jahre 1896 gefunden habe: Noch auf Stufe F4 bildete der Keim bis in halb und selbst bis in zwei Drittel

1) Mit den Verhältnissen an der Basis des Forellenkeimes scheinen die im Embryosack von Phanerogamen zu beobachtenden grosse Verwandtschaft zu besitzen. Ich verweise auf die hierauf bezügliche Abbildung von E. STRASSBURGER in seinem Lehrbuch der Botanik (Jena 1894 S. 55), die auch von HERTWIG und von HENNEGUY reproducirt worden ist. Die Abbildung, einen Schnitt aus dem Embryosack von Reseda odorata darstellend, zeigt die verschiedenen Zwischenstufen zwischen dem strahlenreichen Syncytium und dem in Zellen getrennten Gewebe.

seiner Höhe ein Syncytium mit regelmässig vertheilten Astrosphären und breiten netzförmigen Diastemen (Fig. 38). Von dieser Brut sind mir besonders viel Eier abgestorben, sei es, dass sie beim Transport gelitten, sei es dass sie das Leipziger Wasserleitungswasser nicht vertragen haben, das zeitweise einen sehr starken Eisenschlamm absetzt.

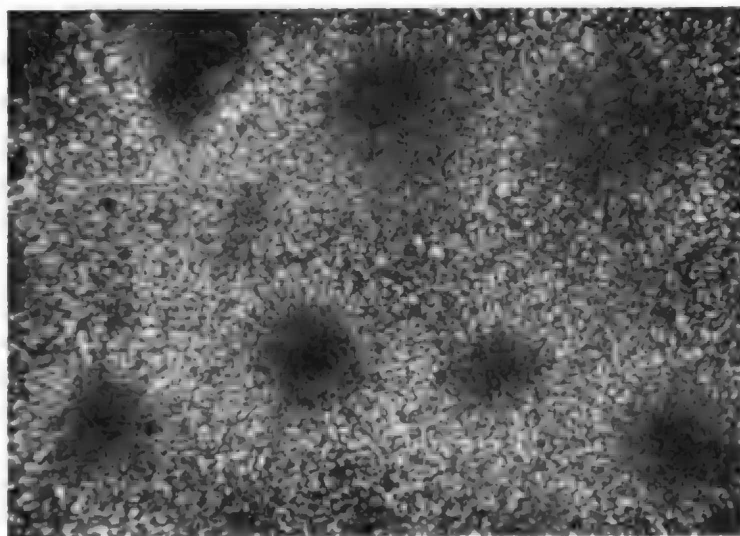


Fig. 38. Syncytium aus einem in der Entwickelung zurückgebliebenen Forellenkeim von Stufe F 3. (Vergr. 250fach.)

16) S t r a h l e n, d i e v o n e i n e m C e n t r u m z u e i n e m a n d e r n g e h e n, m ö g e n d i e C e n t r e n e i n u r s p r ü n g l i c h e s P a a r g e b i l d e t h a b e n o d e r n i c h t, k ö n n e n z u S p i n d e l s t r a h l e n w e r d e n u n d a l s s o l c h e z u L e i t g e b i l d e n v o n C h r o m o s o m e n.

Die Umbildung von Büscheln von Verbindungsstrahlen zu Spindeln erfolgt unter Ansammlung einer hyalinen Substanz zwischen den Strahlen. Eine solche hyaline Grundsubstanz pflegt auch den pluripolaren Spindeln nicht zu fehlen. Ueberall, wo Spindeln auftreten, da erweisen sie sich auch als Strassen für wandernde Chromosomen. Bei regelmässig gebildeten 3 und 4 polaren Spindeln kann die Chromosomentheilung zwischen den Centren regelmässig vor sich gehen. Allein im Periblast der Forellen sowohl, als in dem der Selachier finden sich weit verbreitet asymmetrisch gebildete Spindelfiguren und asymmetrische Chromosomenzertheilungen[1]). Es ist dies unschwer zu verstehen. Je rapider in einem Syncytium die Theilungen auf einander folgen, auf um so engerem Raum bleiben die

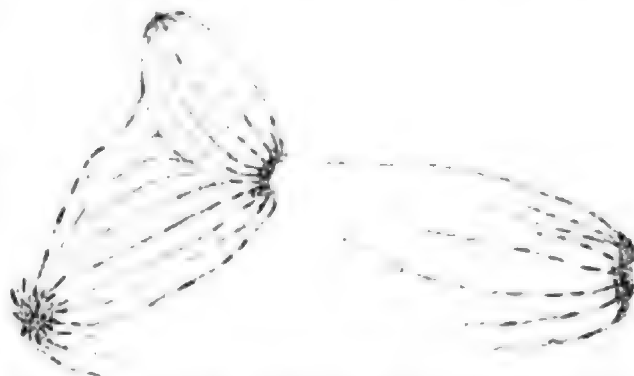


Fig. 39. Tripolare Spindel nebst Anhang aus dem Periblast von Torpedo (Copie einer früheren Zeichnung).

Centren bei einander liegen, sie vertheilen sich nach den drei Richtungen des Raumes und nun können die zwischen den Centren vorhandenen Vorräthe von Chromosomen zeitlich und räumlich asymmetrisch wirkenden Kräften ausgesetzt sein und dem entsprechend atypisch sich vertheilen.

Der einfachste Fall ist nächst der bipolaren die tripolare Spindel. Hier bin ich nun schon bei einer früheren Arbeit vielfach auf die Eigenthümlichkeit gestossen, dass der eine Pol der Spindeldreiecks als Anhang eine 4te Spindel trägt (Fig. 39). Die Erklärung dieses Verhaltens hat, wie ich sehe, schon Henneguy (1891) gegeben[1]), da er gezeigt hat, dass die Centren von Astrosphären bei entsprechender Annäherung an benachbarte Spindeln deren Chromosomen anzuziehen und ihre reguläre Vertheilung zu stören vermögen. Wenn das eine Centrum eines gegebenen Paares *a* mit den beiden Centren eines zweiten Paares *b* in Verbindung steht, so bildet es den einen Pol einer tripolaren Spindel, während sein Paarling ausserhalb des Dreiecks als bloser Anhang desselben verbleibt.

17) Syncytien können durch Verschmelzung zuvor getrennter Zellen entstehen, wenn diese in Folge besonders üppiger Nahrungsaufnahme sich ausweiten und ihre plasmatische Grenzschicht verlieren.

Diese Form der Syncytiumbildung habe ich am Selachierkeim beobachtet und beschrieben, sie kommt übrigens auch beim Vogel- und beim Reptilienkeim vor, und in allen diesen Fällen sind es dotterfressende Zellen, die sich mit einander verbinden. Ganz allgemein gilt ja für meroblastische Eier die Regel, dass die dem Dotter zugekehrten Blastomeren während der früheren Entwickelungsstufen von dessen Bestandtheilen in sich aufnehmen. Die aufgenommenen Fetttropfen und Dotterkörner werden zunächst in den Randschichten der Blastomeren aufgespeichert, weiterhin aber meistentheils rasch verdaut[2]), wobei, wie es scheint, das Plasma dünnflüssiger und leichter beweglich wird. Auch können bei einem Theil der Knochenfische Syncytien auf dem angegebenen Wege

1) Henneguy 1891 l. c. S. 415 Taf. IX Fig. 17 und Leçons sur la Cellule S. 305.

2) Hinsichtlich der hierbei in Betracht kommenden chemischen Gesichtspunkte verweise ich auf die gesammelten Arbeiten von F. Miescher, besonders auf die Briefe LIX u. LXI Bd. I S. 94 u. 105, sowie auf den Aufsatz Bd. II S. 304.

secundär entstehen. Darauf weisen schon die Beobachtungen von Agassiz und Whitman, sowie diejenigen mehrerer neueren Forscher hin.

18) Je weiter die intracelluläre Verdauung aufgenommener Dotterbestandtheile fortschreitet, um so mehr gewinnt das Hyaloplasma das Uebergewicht über das körnerreiche Morphoplasma. Der Periblast des Forellenkeimes ist durchweg dichter, als die gesonderten Blastomeren, und diese zeigen ein um so dichteres Plasma, je jünger sie sind, d. h. je weniger Zeit verflossen ist, seitdem ihr Plasma Dotter aufgenom-

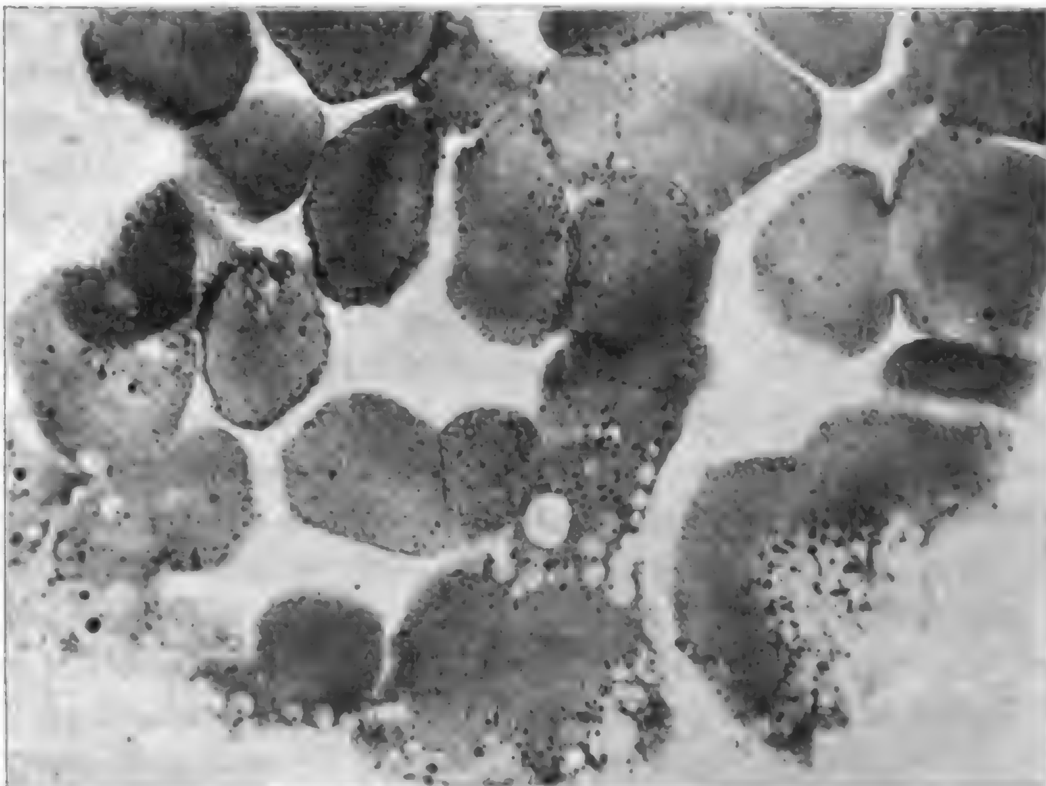


Fig. 40. Lecitophage Zellen von der Basis des Lachskeimes, Stufe F 3

men hat. Die im weiteren Verlaufe der Entwickelung erfolgende Zunahme an Hyaloplasma entspricht einem stattgehabten Verbrauch der ungelösten Nahrungsbestandtheile und damit einem relativen Hungerzustande der Zellen. Schwierig ist natürlich im einzelnen Falle die Entscheidung darüber, welche von den im Morphoplasma vorhandenen feinen Körnern als unverdautes Nährmaterial anzusehen, welche integrirende Plasmabestandtheile und welche bereits Secretstoffe sind.

Innerhalb gewisser Grenzen ist auch die Entwickelung der Kerne von der Dotterernährung abhängig, was nach dem, was wir

von der Constitution der Dotterkörner wissen, schon chemisch einleuchtend ist. Die Kerne der syncytialen Keimbasis sind durchweg chromatinreicher, als die der höher liegenden Zellschichten.

19) Syncytien sind nicht eine Gewebsform eigener Art, sondern Entwickelungszustände plasmatischer Gebilde, sie können aus Zellen hervorgehen und sich wieder in Zellen auflösen.

Es ist in der entwickelungsgeschichtlichen sowohl, als in der pathologischen Literatur vielfach der Gebrauch eingerissen, das Wort Syncytium als specifische Bezeichnung, sei es für bestimmte anatomische Gebilde, sei es für angeblich besondere Gewebsformen zu benützen. So sprechen Hans Virchow und seine Schüler vom Dottersyncytium als einem ganz bestimmten Theile des Keimes, während anderntheils bes. durch Kossmann[1]) dem Begriff syncytialer Gewebe bei Bildung der Placenta und sog. syncytialer Geschwülste ein besonderer Werth zuertheilt worden ist. Nach dem, was wir über die Entstehung und Umbildung von Syncytien und Plasmodien wissen, ist ein specifischer Gebrauch dieser Worte nicht zulässig. Mit gleichem Recht könnten wir auch «Mitose» oder «Polstrahlung» als specifische Bezeichnungen einführen, was Niemandem einfallen wird. Periblast und Syncytium sind keine gleichwerthigen Bezeichnungen. Der Keim bildet an seiner Basis ein Syncytium, bevor es einen Periblast giebt, es geht der Periblast nur aus einem Theil des basalen Syncytiums hervor, und auch er kann, wie dies bei späterer Gelegenheit gezeigt werden soll, wieder freie Zellen bilden und ausscheiden[2]). Richtig bleibt daher nur, dass der Periblast der Knochenfische und Selachier während geraumer Zeit die Eigenschaften eines Syncytiums oder eines Plasmodiums besitzt.

20) Wie Syncytien als Folgezustände verzögerter Zelltheilung auftreten können, so können sich bei Verzögerung pluripolarer Kerntheilungen Kernconglomerate und Riesenkerne entwickeln. Gemäss der analogen Bildungsweise können wir sie den Syncytien als Syncaryen oder Syncaryosen an die Seite stellen, ein Riesenkern ist seiner Entstehung nach ein Syncaryon.

---

1) Man vergl. auch die in einem früheren Aufsatz über Placentabildung bezüglich des Wortes Syncytium gemachte Bemerkung, His Archiv 1897 S. 423.

2) Hier ist auch an den Entwickelungsgang der Schleimpilze zu erinnern, wie wir ihn durch de Bary kennen gelernt haben.

Die Begründung dieses Satzes habe ich in meinem Aufsatze über den Periblast der Selachier gegeben. Der Schluss, zu dem mich meine damaligen Beobachtungen geführt hatten, lautet[1]: «Die Regeneration der Kernwand und der Kernkörper kann vor sich gehen, bevor die einzelnen Chromatingruppen und die sie verbindenden Fadensysteme von einander völlig getrennt sind. Die Folge von dieser zeitlichen Verschiebung der Phasen des Processes ist die Bildung von Riesenkernen. Die Riesenkerne sind als in ihrer Theilung verzögerte pluripolare Theilungsformen zu verstehen. Sie enthalten mehr oder minder zahlreiche Kernkörper, deren jeder den Mittelpunkt eines chromatischen Gerüstbezirkes bildet.» Ich habe dieser Fassung wenig beizufügen. Complicirten Riesenkernformen, wie sie im Periblast des Selachier auftreten, bin ich in dem der Salmoniden nicht begegnet, wohl aber finden sich hier mächtige Kernconglomerate, häufig in Form längerer Stränge, und wie die analogen Bildungen der Selachier, so zeigen auch diese Conglomerate eine Gliederung ihres Chromatingerüstes in einzelne Felder um zahlreiche Kernkörper herum. Auch für dieses Object halte ich die Annahme amitotischer Kerntheilungen im herkömmlichen Sinn für anfechtbar, und ich gedenke diese und andere verwandte Fragen demnächst noch einmal einlässlich zu besprechen. Für diesmal schliesse ich mit dem Satz:

Fig. 41. Riesenkerne in Bildung, jeder mit mehreren Centren, nach denen hin die Chromosomen convergiren; aus dem Periblast von Torpedo. Copie einer früheren Zeichnung.

21) Bildung von Syncytien, pluripolare Kerntheilungen und Bildung von Riesenkernen oder Syncaryosen sind zusammengehörige Vorgänge, sie setzen stets das Vorhandensein intensiver Plasmathätigkeit und günstige Ernährungsbedingungen voraus.

1) l. c. S. 60.

Anhang.

(Zu S. 446 des Textes.)

Messungen an 60 Keimzellen der Stufe F 3[1]).

Maasse in μ.

I. Stufe d. ruhenden Kerne	V	VII	VIII	XXX	XXXI	XXXIV	XLVII	LI	LX	Mittel
Zl	66	76	78	63	120	96	94	74	89	84
Zbr	51	62	65	60	68	58	57	61	61	63
Kl	17	20	22	18	20	17	18	15	20	18.6
Kbr	15	16	18	15	12	15	15	12	16	15
R	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
r	4	4.5	5.5	5	5.5	5.5	6	5	8	5.6
ϱ		—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\frac{CC}{2}$	13	12	12.5	14	16	11	16	13	—	13.8

II. Prophase	VI	IX	X	XXIII	XXIV	XXXIII	XLVI	XLVIII	LII	Mittel
Zl	83	70	73	70	80	104	89	86	77	81.3
Zbr	71	56	55	45	54	68	78	65	68	62.2
R	26	22	25	20	25	28	28	26	29	25.5
r	4.5	3.5	5	3	5	4.5	4.5	4.5	5	4.4
$\frac{CC}{2}$	14	13	13	13	13	13	14	13	14	13.3
d	13	10	13	5	5	6	6	7	5	7.7
D	7	7	7	7	10	7	9	9	9	8
Kf	13	11	13	12	12	12	13	12	12	12.2

1) Extrem grosse, d. h. in der Theilung zurückgebliebene Zellen finden sich zuweilen in der Schaar der übrigen vereinzelt. Solche ungewöhnlich grosse Zellen pflegen zwar für die Beobachtung sehr günstig zu sein, von den Maasstabellen habe ich sie aber ausgeschlossen.

III. Aequatorial-platte	I	III	IV	XIII	XIV	XV	XVI	XXV	XXVI	XXIX	XXXII	XLIV	LIV	LV	LIX	Mittel
Zl	71	98	77	90	78	74	70	70	90	90	100	59	85	91	106	83.3
Zbr	62	86	55	66	66	50	62	52	75	63	91	50	73	75	98	67.7
R	20	25	20	27	26	20	25	19	25	24	23	19	24	30	31	24
r	4.5	4.5	7	4.5	4	3	5	4	5	4	6	3	5	5	7	5
ϱ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	—	—	—	—	—
$\frac{CC}{2}$	12	16	11	11	14	14	13	14	16	14	16	11	14	15	15	13.7
d	1.5	1.5	1	1	1	1	1.5	1	2	1	2	2	2	2	2	1.4
D	13	12	13	12	12	13	12	12	13	12	12	12	16	12	14	12.5

IV. Anaphase 1	XII	XVII	XVIII	XLIII	XLVIII	L	LIII	LVI	LVII	Mittel
Zl	68	84	96	59	88	82	92	98	105	86.4
Zbr	60	68	74	56	65	62	71	66	75	66.3
R	22	25	25	20	22	26	25	27	27	24.3
r	5	7	8	7	5.5	8	5	9	10	6.8
ϱ	—	4.5	7	5	—	7	—	8	7.5	—
$\frac{CC}{2}$	14	17	19	14	13	18	19	22	19	17.2
d	6	8	8	10	7	20	5	24	7	15.5
D	9	9	10	9	12	8	9	7	10	9.2

V. Anaphase 2	XIX	XX	XXVIII	XXXVI	XXXVIII	XL	XLII	XLV	Mittel
Zl	78	76	76	98	76	96	74	95	83.6
Zbr	52	50	54	56	61	48	55	54	52.7
R	23	—	—	25	21	—	—	26	23.7
r	11	10	12	10	11	14	14	10	11.5
ϱ	7	8	9	8	9	11	12	8	9.0
$\frac{CC}{2}$	16	16	17	20	14	22	16	20	17.9
d	22	22	24	24	16	24	20	24	22
D	8	—	—	8	10	—	—	8	8.2

VI. Anaphase 3	II	XXI	XXII	XXVII	XXXII	XXXVII	XXXIX	LIII	Mittel
Zl	72	90	100	100	98	78	94	98	91.2
Zbr	62	60	60	69	55	54	60	56	59.5
r	13	14	18	—	12	14	14	13	14
ϱ	10	12	16	11	9.5	11	11	10	11.3
$\frac{CC}{2}$	16	21	24	20	17	17	16	17	18.2
d	34	28	33	—	35	28	34	35	32.4
D	8.5	7	8	7.5	7	7	7	7	7.3

VII. Tochterzellen	XLI	XI	Mittel
Zl	47	48	47.5
Zbr	46	48	47
Kl	17	16	16.5
Kbr	13	14	13.5

W. G. HANKEL,
MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

ELEKTRISCHE UNTERSUCHUNGEN.

EINUNDZWANZIGSTE ABHANDLUNG.

ÜBER DIE THERMO- UND PIËZO-ELEKTRISCHEN EIGENSCHAFTEN DER KRYSTALLE DES AMEISENSAUREN BARYTS, BLEIOXYDS, STRONTIANS UND KALKES, DES SALPETERSAUREN BARYTS UND BLEIOXYDS, DES SCHWEFELSAUREN KALIS, DES GLYCOCOLLS, TAURINS UND QUERCITS.

Des XXIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

Nº VI.

MIT ZWEI TAFELN.

LEIPZIG
BEI B. G. TEUBNER.
1899.

Das Manuscript eingeliefert am 12. November 1898.
Der Abdruck vollendet am 20. Januar 1899.

ELEKTRISCHE UNTERSUCHUNGEN.

EINUNDZWANZIGSTE ABHANDLUNG.

ÜBER DIE THERMO- UND PIËZO-ELEKTRISCHEN EIGENSCHAFTEN DER KRYSTALLE DES AMEISENSAUREN BARYTS, BLEIOXYDS, STRONTIANS UND KALKES, DES SALPETERSAUREN BARYTS UND BLEIOXYDS, DES SCHWEFELSAUREN KALIS, DES GLYCOCOLLS, TAURINS UND QUERCITS.

VON

W. G. HANKEL,

MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

MIT ZWEI TAFELN.

Ameisensaurer Baryt.

Für die dem rhombischen Systeme angehörenden Krystalle des ameisensauren Baryts giebt Rammelsberg in seinem Handbuch der krystallogr.-physik. Chemie das Verhältniss der Brachydiagonale zur Makrodiagonale und zur verticalen Axe $= 0{,}765 : 1 : 0{,}8638$ und führt als auftretende Krystallgestalten an: ∞P, $\breve{P}\infty$, $2\breve{P}\infty$, $\infty\bar{P}\infty$, $\bar{P}\infty$, $\infty\breve{P}\infty$.

Das Salz ist leicht in Wasser löslich und bildet bei ruhigem Stehen sehr vollkommen ausgebildete Krystalle. Die ersten Krystalle, welche ich aus der Lösung erhielt, besassen eine sehr einfache Form. Sie zeigten nur die Flächen des verticalen Prismas ∞P und des Makrodomas $\bar{P}\infty$, einzelne Individuen auch Spuren der Fläche $\infty\breve{P}\infty$. Die Projection der Vorderseite eines solchen Krystalls auf dem makrodiagonalen Hauptschnitte stellt Fig. A, Taf. 1 dar ($p = \infty P$, $r = \bar{P}\infty$).

Bei der thermo-elektrischen Untersuchung dieser Krystalle ergab sich aber eine eigenthümliche Vertheilung der beiden Polaritäten, welche mit Bestimmtheit auf eine tetraëdrische Bildung hinwies. Als dann mehrere Krystalle mit Rücksicht hierauf, sorgfältig besichtigt wurden, fand man bei einigen an den Enden der verticalen Axe ausser den Flächen des Makrodomas kleine Flächen, welche nach ihrer Vertheilung an dem Krystall auf ein oder zwei Tetraeder hinwiesen.

Nachdem die Lösung einige Monate lang bei ruhigem Stehen Krystalle der zuvor beschriebenen Art geliefert hatte, entstanden nun neben diesen mehrere Krystalle, welche sich dadurch von den vorhergehenden unterschieden, dass sie an den Prismenflächen abwechselnd oben und unten grössere Tetraederflächen trugen, welche der Gestalt $\frac{1}{2}P$ angehörten. Das Erscheinen dieser Tetraederflächen bestätigte den bereits aus der elektrischen Untersuchung gezogenen Schluss auf eine hemimorphe (tetraedrische) Bildung.

Diese letzteren Krystalle besassen ausser den Flächen $\infty P(p)$ und $-\frac{1}{2}P(o)$ dann auch noch kleine Flächen des Gegentetraeders $+\frac{1}{2}P$ und neben diesen letzteren sehr kleine gekrümmte Flächen[1] (s) eines zweiten Tetraeders mit kürzerer Brachydiagonale. Schliesslich fanden sich noch kleine Flächen des Makrodomas (r) und des Flächenpaares $\infty \breve{P} \infty$.

Wir wollen die Prismenfläche, welche links von einer brachydiagonalen Kante liegt, mit p_1, die rechts davon liegende mit p_2 u. s. f. bezeichnen, und Krystalle, bei welchen die grössere Tetraederfläche oben links von der Brachydiagonale liegt, also über den Flächen p_1 und p_3, linke, diejenigen aber, bei welchen die grössere Tetraederfläche oberhalb der Flächen p_2 und p_4 liegt, rechte Krystalle nennen. Die Mehrzahl der mit grossen Tetraederflächen versehenen Krystalle waren rechte, eine kleine Anzahl linke. Fig. B stellt die Projection eines rechten Krystalls auf den makrodiagonalen Hauptschnitt dar.

Welch eigenthümlicher Umstand das Auftreten grösserer Tetraederflächen veranlasst hat, lässt sich mit Bestimmtheit nicht angeben. Die Lösung hatte unverändert im Zimmer und an derselben Stelle gestanden. Ihr Volumen hatte jedoch stark abgenommen; es wäre deshalb wohl möglich, dass durch die Einwirkung geringer Beimengungen fremder Salze, deren Einfluss sich jetzt stärker geltend machen konnte als anfangs, die Bildung grösserer Tetraederflächen hervorgerufen worden ist.

Thermo-Elektricität.

Die Vertheilung der beiden elektrischen Polaritäten tritt am klarsten an den zuletzt beschriebenen Krystallen mit grösseren Tetraederflächen hervor. Es wird daher zweckmässig sein, mit den an diesen gemachten Beobachtungen zu beginnen.

Krystall Nr. 1.

Der Krystall Nr. 1 besitzt ziemlich vollständig die in Fig. B dargestellten Flächen; in Fig. 1 ist das Netz desselben in dreifach linear vergrössertem Maassstabe gezeichnet; man sieht aus demselben, dass an dem oberen Ende sämmtliche Flächen der Tetra-

1) Eine genaue Bestimmung war wegen der Krümmung dieser Flächen nicht möglich.

eder o, o' und s nebst den Flächen des Makrodomas r auftreten, während am unteren Ende die Flächen o' fehlen und von den Flächen s nur die eine vorhanden ist.

In dies Netz sind die auf den einzelnen Flächen beobachteten elektrischen Spannungen eingetragen worden.[1])

Bei der Untersuchung des thermo-elektrischen Verhaltens wurde der Krystall bis auf die zu prüfende Fläche oder Kante in Kupferfeilicht eingesetzt und bis auf 90° C. erhitzt.

Krystall Nr. 2.

Der Krystall Nr. 2 ist in Fig. 2 in dreifach linearer Vergrösserung abgebildet. Wie bei Krystall Nr 1 finden sich an ihm die Flächen ∞P, $P\infty$ und die Tetraederflächen $\frac{1}{2}P$, jedoch liegen die letzteren abweichend von dem vorhergehenden Krystall oberhalb der Flächen p_1 und p_3 und unterhalb p_2 und p_4; er ist also ein sogenannter linker. Ausserdem erscheinen noch schmale Flächen der Gestalt $\infty \bar{P}\infty$ und grössere glänzende Flächen eines zweiten Tetraeders, welche oberhalb der Flächen p_2 und p_4 und unterhalb der Flächen p_1 und p_3 liegen.

Die elektrische Vertheilung ist eine eigenthümliche, die sich aber auch bei den folgenden Krystallen mehr oder weniger wiederfindet. Auf der Prismenfläche p_4 ist der unten an die Oktaederfläche o stossende Theil negativ, der obere Theil positiv. Auf den Flächen p_1 und p_2 breitet sich aber die negative Polarität über die ganze Prismenfläche, jedoch in abnehmender Stärke von dem Ende, welches an die Oktaederfläche grenzt, aus und auf p_3 ist sie fast gleichförmig über die ganze Fläche vertheilt. Dagegen sind sämmtliche gegen die verticale Axe geneigten Flächen des oberen und unteren Endes

1) Um eine annähernde Vorstellung von der Stärke der auf den Krystallen vorhandenen elektrischen Vertheilung zu gewinnen, möge folgende Angabe dienen: Bei derselben Empfindlichkeit des Elektrometers, welche bei den Beobachtungen an den Krystallen benutzt wurde, näherte man den Platindraht dem obersten Punkte einer kupfernen Kugel von 17 mm Durchmesser in der gleichen Weise wie sonst der Oberfläche des Krystalles. Der unterste Punkt der Kugel wurde durch einen Kupferdraht mit dem einen Pole eines Elementes Zink-Wasser-Kupfer, dessen andrer Pol zur Erde abgeleitet war, verbunden. Bei der Annäherung des Drahtes bis auf ungefähr 0,5 mm gab das Goldblättchen einen Ausschlag von 2 Skth. des Ocularmikrometers. Die Spannung des Elementes wurde nach Vergleichung mit einem Clark-Element = 0,845 Volt gefunden; hätte die Spannung des Elementes 1 Volt betragen, so würde der Ausschlag auf 2,4 Skth. gestiegen sein.

positiv, und es erreicht die positive Spannung an mehreren Stellen eine sehr beträchtliche Stärke; so erscheint sie z. B. an der auf der oberen Seite von den Flächen des Tetraeders *o* gebildeten Kante mit einer Intensität, welche die auf den Prismenflächen beobachtete negative mehrfach übertrifft. An dem unteren Ende zeigt die positive Spannung nur eine geringe Stärke, was wahrscheinlich eine Folge der sehr mangelhaften Ausbildung dieser Flächen ist.

Krystall Nr. 3.

Der Krystall Nr. 3 gehört zu den zuerst aus der Lösung ausgeschiedenen und zeigte nur die Flächen $\infty P(p)$ und $\bar{P}\infty(r)$. Sein Netz ist in Fig. 3 gezeichnet.

Aus den in dasselbe eingetragenen elektrischen Spannungen geht klar hervor, dass auch in ihm eine tetraedrische Bildung vorhanden ist; und zwar ist dieser Krystall ein linker.

Die Prismenflächen p_1 und p_3, welche links von dem brachydiagonalen Hauptschnitte liegen, zeigen nämlich in ihrem oberen Theile negative und in den unteren positive Spannungen; die rechts liegenden p_2 und p_4 dagegen sind oben positiv und unten negativ.

Auch bei Nr. 3 sind die Endkanten, welche aber jetzt von den Flächen des Makrodomas $\bar{P}\infty$ gebildet werden, sowie diese Flächen selbst, stark positiv elektrisch. Die elektrischen Intensitäten sind indessen nicht gleichmässig vertheilt, sondern an dem rechten und linken Rande unter dem Einflusse der auf den Prismenflächen liegenden Polaritäten verschieden gross. Ihre positive Spannung ist grösser auf dem Rande, an welchen der positive Theil einer Prismenfläche stösst, dagegen minder stark an dem anderen Rande, an welchen das negative Stück der Prismenfläche grenzt. Es erstreckt sich also eine positive Zone von dem stark elektrischen Rande der einen Makrodomenfläche über die Endkante bis zum stark positiven Rande der andern.

Wie die in das Netz eingetragenen Zahlen lehren, sind die elektrischen Spannungen auf diesem Krystalle beträchtlich stärker als auf Krystall Nr. 1.

Krystall Nr. 4.

Der Krystall Nr. 4, dessen Netz Fig. 4 darstellt, gleicht in Gestalt dem vorhergehenden und zeigt auch eine, ebenfalls auf

eine tetraedrische Bildung hinweisende Vertheilung der Polaritäten. Er ist aber nicht, wie der Krystall Nr. 3, ein linker, sondern wie Nr. 1 ein rechter.

Die negativen Pole liegen auf den Prismenflächen p_1 und p_3 unten und auf den Flächen p_2 und p_4 oben, während die vier positiven Pole oben auf den Flächen p_1 und p_3 und unten auf den Flächen p_2 und p_4 sich finden. Dementsprechend verhalten sich auch die Intensitäten der positiven elektrischen Spannungen auf den am oberen und unteren Ende liegenden Flächen des Makrodomas. Während auf dem Krystall Nr. 3 oben die rechten Ränder und unten die linken Ränder eine stärkere Spannung zeigen, übertreffen bei dem vorliegenden Krystalle oben die linken Ränder an Stärke die rechten und dementsprechend am unteren Ende auf der einen Fläche unter p_1 und p_2 der rechte Rand den linken. Auf der anderen unter p_3 und p_4 gelegenen Fläche scheint eine Störung vorhanden zu sein, denn bei den wiederholten Versuchen erschien der rechte Rand entweder schwächer als der linke oder höchstens ebenso stark.

Auch dieser Krystall wies beträchtliche elektrische Spannungen auf; dieselben stehen den an Nr. 3 beobachteten an Stärke nicht nach.

Krystall Nr. 5.

Den Krystall Nr. 5 kennzeichnet die in das Netz Fig 5 A eingetragene elektrische Vertheilung als einen linken. Diese Vertheilung weicht aber von den früher beobachteten darin ab, dass die unten auf den Flächen p_2 und p_4 vorhandene negative Polarität auch noch auf die anliegenden Stücke der unteren Flächen des Makrodomas hinübergreift, sodass die letztgenannten Flächen nur an ihrem linken Rande positiv erscheinen.

Bei einer speciellen Untersuchung der von den Flächen des Makrodomas am oberen und unteren Ende gebildeten horizontalen Kanten erschien die obere stark positiv (in der Mitte + 50) während auf der unteren nur eine geringe Spannung (+ 12) auftrat.

Der Krystall wurde in der Mitte durchgebrochen und die beiden Bruchflächen eben geschliffen. Von den beiden Schliffflächen zeigte die am oberen Stück (Fig. 5 B) im Allgemeinen negative, die am unteren (Fig. 5 C) positive Spannung.

Krystall Nr. 6.

Dieser Krystall (Fig. 6) zeigt ausser den Flächen $\infty P(p)$ und $\bar{P}\infty(r)$ noch die Tetraederflächen $-\frac{1}{2}P(o)$ und die Flächen des anderen Tetraeders (s). Nach der Lage der Tetraederflächen o ist der Krystall ein linker; damit stimmt auch die elektrische Vertheilung überein.

Wie bei Nr. 2, breitet sich auch bei diesem Krystall die negative Elektricität auf 3 Prismenflächen sehr aus, sodass auf den Flächen p_1 und p_4 gar keine und auf Fläche p_3 nur am unteren Rande positive Spannung wahrzunehmen war.

Krystall Nr. 7.

Bei dem Krystall Nr. 7 fand sich (Fig. 7) ausser den bei Nr. 6 vorkommenden Flächen auch noch eine Fläche des Gegentetraeders o' $(+\frac{1}{2}P)$. Die Flächen des Tetraeders o liegen oberhalb der Prismenflächen p_2 und p_4 und die von ihnen mit diesen gebildeten Kanten sind negativ, während nach der oberen Kante zu wieder schwache positive Spannung auftritt. Der Krystall gleicht hierin genau dem Krystall Nr. 1. Seiner Bildung nach ist er ein rechter; damit stimmt auch die grössere Stärke der elektrischen Spannung an den rechten Rändern der unteren Flächen des Makrodomas überein, ebenso auch die Vertheilung der Polaritäten auf den Flächen p_2 und p_4.

An allen Krystallen sind ausser den durch die tetraedrische Bildung bedingten vier polar-elektrischen Axen auf den an den Enden der verticalen Axen liegenden Kanten positive Spannungen beobachtet worden, und zwar sowohl, wenn diese Kanten von den grossen Tetraederflächen $(-\frac{1}{2}P)$, als auch, wenn dieselben von den Flächen des Makrodomas $\bar{P}\infty$ gebildet waren.

Es fragt sich nun, ob diese Beobachtungen auf eine in der Richtung der verticalen Axe liegende, an beiden Enden gleichnamige elektrische Axe, wie solche bei den nicht hemimorphen Krystallen vorkommt, hinweisen, oder ob sie nur einer Verschiebung der Polaritäten ihre Entstehung verdanken.

Wie die Figuren Nr. 5 und Nr. 7 nachweisen, kommen z. B. solche Ausbreitungen der negativen Polarität von den negativen Prismenflächen über die Flächen des Makrodomas vor; man könnte

daher vermuthen, dass eine ähnliche Verschiebung der positiven Polarität die positiven Spannungen auf den Endkanten veranlasst haben möchte. Das scheint jedoch nicht der Fall zu sein; dagegen spricht zuerst die grosse Stärke, mit welcher diese Spannungen auftreten, sodann ihr Erscheinen auf den mit grossen Tetraederflächen versehenen Krystallen (Nr. 1 und Nr. 2), auf welchen die negative Spannung der Tetraederflächen deutlich in eine positive übergeht, und schliesslich der Umstand, dass selbst in solchen Fällen, wo die negative Polarität der Prismenflächen sich über die Flächen des Makrodomas ausbreitet, dennoch diese Kanten bei specieller Prüfung, d. h. wenn sie allein aus dem Kupferfeilicht hervorragen, positive Spannungen zeigen.

Wir dürfen daher wohl annehmen, dass beim ameisensauren Baryt ausser den vier durch den Hemimorphismus geforderten polar-elektrischen Axen in der Richtung der verticalen Krystallaxe noch eine an ihren beiden Enden gleichnamig positive elektrische Axe vorhanden ist.

Die Frage, ob an Krystallen, welche nach gewissen Richtungen hemimorph ausgebildet sind und in diesen Richtungen polar-elektrische Axen tragen, auf den vom Hemimorphismus nicht betroffenen Axen sich gleichnamige Elektricitäten zeigen können, ist mir zuerst bei der thermo-elektrischen Untersuchung des Bergkrystalles[1]) entgegengetreten. Bei den Krystallen dieses Minerals existiren nach den drei Nebenaxen hemimorphe Bildungen und dementsprechend drei polar-elektrische Axen. Dagegen wird die Hauptaxe von dem Hemimorphismus nicht getroffen und es fragte sich nun, ob nicht an den Enden derselben zwei gleichnamige elektrische Pole, wie solches bei den holoedrischen Krystallen der Fall ist, vorhanden sind. In der That scheint auf den Bergkrystallen an den vollkommen regelmässig gebildeten Enden der Hauptaxe bei der Abkühlung eine positive Spannung aufzutreten.

Ebenso zeigen die rhombischen Krystalle des Asparagins[2]), welche auf den abwechselnden Kanten des Prismas Tetraederflächen tragen, in der Mitte der Endflächen eine positive Spannung.

Auf den weiterhin beschriebenen Krystallen des salpetersauren Baryts und des Bleioxyds ziehen sich negative Zonen von einer

---

1) Siehe diese Abhandlungen Bd. XX (XII), S. 497.
2) Siehe diese Abhandlungen Bd. XXXV (XXI), S. 17.

negativen Tetraederfläche über die anliegende Würfelfläche zur nächsten negativen Tetraederfläche. Diese negativen Zonen weisen auf eine negative Polarität der Würfelflächen hin. Es treten also hier an den beiden Enden der Oktaederaxen gleichnamige Polaritäten auf.

Piëzo-Elektricität.

Die negativen Pole der piëzo-elektrischen Axen des ameisensauren Baryts liegen auf den Kanten, welche die Tetraederflächen mit den Prismenflächen bilden: also bei den rechten Krystallen oben auf den Flächen p_2 und p_4 und unten auf den Flächen p_1 und p_3; bei den linken Krystallen dagegen oben auf p_1 und p_3 und unten auf p_2 und p_4.

Stellt man einen mit grossen Tetraederflächen versehenen Krystall mit einer solchen Tetraederfläche in die Druckvorrichtung, sodass diese an der oberen Druckfläche anliegt, so zeigt beim Druck das Elektrometer einen ziemlich starken negativen Ausschlag. Legt man dieselbe Fläche auf die untere Metallplatte, sodass die obere Platte gegen die der Tetraederfläche diametral gegenüberliegenden Punkte drückt, so entsteht ein positiver Ausschlag.

Stellt man den Krystall so, dass nicht die Tetraederfläche, sondern die von ihr mit der Prismenfläche gebildete Kante an der oberen Platte anliegt, so entsteht ein viel stärkerer negativer Ausschlag, als zuvor beim Druck senkrecht zur Tetraederfläche erfolgte. Ebenso erscheint beim Druck in umgedrehter Stellung ein gleich starker positiver Ausschlag. Die piëzo-elektrischen Pole liegen also in der durch diese Punkte bestimmten Richtung.

Es ist leicht erklärlich, dass, obwohl die Tetraederflächen z. B. bei Nr. 2 beim Erkalten fast in ihrer ganzen Ausdehnung, und namentlich an den von ihnen am oberen und unteren Ende gebildeten Kanten stark positiv erscheinen, doch eben diese Flächen beim Druck senkrecht auf dieselbe, negative Ausschläge des Elektrometers hervorbringen. Die piëzo-elektrischen Axen haben die zuvor angegebene Lage und beim Druck senkrecht gegen die Tetraederfläche tritt die in dieselbe Richtung fallende Componente in Wirkung.

Eine Störung kann dabei nicht eintreten, da in der Richtung der verticalen Axe keine piëzo-elektrische Axe existirt. Ich habe mich davon speciell überzeugt, indem ich einen Krystall an seinem oberen und unteren Ende abschliff, sodass er von zwei gegen

die verticale Axe senkrechten Ebenen begrenzt wurde. Stellte man nun den Krystall in eine Druckvorrichtung so ein, dass der Druck in der Richtung der verticalen Axe erfolgte, so gab das Elektrometer keinen Ausschlag. Auch ein Druck in der Richtung der Makro- und Brachydiagonale, sowie senkrecht gegen die Prismenflächen gab keine elektrische Erregung.

Ameisensaures Bleioxyd.

Die Krystalle des ameisensauren Bleioxyds scheinen bisher nur von Heusser untersucht zu sein. Nach seinen Messungen gehören die Krystalle dem rhombischen System an und das Verhältniss der Axen ist $a:b:c = 0{,}7417:1:0{,}8438$; als auftretende Gestalten führt er an ∞P, $\bar{P}\infty$, $\breve{P}\infty$, $\infty\breve{P}\infty$ und oP.

Die Krystalle sind isomorph mit den Krystallen des entsprechenden Barytsalzes. Da nun, wie ich zuvor gezeigt, die Krystalle des ameisensauren Baryts eine hemimorphe Bildung besitzen, indem zwei verschiedene Tetraeder bei ihnen auftreten, so war eine gleiche Bildung auch bei den Krystallen des ameisensauren Bleioxyds zu erwarten.

Wahrscheinlich ist Heusser durch die Kleinheit seiner Krystalle an der Wahrnehmung dieser Bildung verhindert worden. Durch sehr langes Aussetzen der Lösung gelang es mir jedoch etwas grössere Krystalle zu erhalten; nach Verlauf eines halben Jahres hatten einige Krystalle in der Richtung der verticalen Axe eine Länge von 10—12 mm und in der Richtung der Makrodiagonale die Grösse von 5 mm erlangt.

An ihnen traten nun deutlich, ebenso wie beim ameisensauren Baryt, zwei in verschiedener Stellung befindliche Tetraeder auf. Das eine besass glänzende vierseitige Flächen; die von ihnen mit den Flächen $\infty\breve{P}\infty$ und $\bar{P}\infty$ gebildeten Kanten waren einander parallel. Die Flächen des anderen Tetraeders bildeten matte Dreiecke.

Die glatten und viereckigen Tetraederflächen gehören der Krystallgestalt $\frac{P}{2}$ an; die dreieckigen Flächen des anderen Tetraeders lassen sich ihrer Rauhigkeit wegen nicht genau bestimmen.

Ebenso wie beim ameisensauren Baryt sind die Krystalle theils

rechte, theils linke Individuen, d. h. die glatten Flächen des Tetraeders $\frac{P}{2}$ liegen entweder oberhalb der Prismenflächen 1 und 3 und unterhalb der Flächen 2 und 4, oder oberhalb der Flächen 2 und 4 und unterhalb der Flächen 1 und 3, wenn die Prismenflächen ebenso bezeichnet werden wie beim Barytsalz.

Die Flächen der Krystalle sind glänzend und isoliren sehr gut.

Bei dem zwischen den Krystallen des ameisensauren Baryts und Bleioxyds vorhandenen Isomorphismus stand zu erwarten, dass sowohl die thermo-elektrischen als auch die piëzo-elektrischen Vorgänge bei beiden übereinstimmen würden. Dies ist auch in der That der Fall. Die Krystalle besitzen vier polare elektrische Axen, welche von dem oberen Rande einer Prismenfläche zu dem unteren Rande der gegenüberliegenden Prismenfläche gerichtet sind, und zwar liegen beim Erkalten die negativen Pole an denjenigen Prismenkanten, an welchen die Flächen des Tetraeders $\frac{P}{2}$ auftreten. Bei den linken Krystallen finden sich also die negativen Pole am oberen Ende der Prismenfläche p_1 und p_3, sowie an dem unteren Ende von p_2 und p_4, die positiven oben auf p_2 und p_4 und unten auf p_1 und p_3.

Das Verhalten der gegen die verticale Axe geneigten Flächen liess sich bei ihrer oft unvollkommenen Ausbildung und geringen Grösse nicht mit Sicherheit bestimmen.

Sehr häufig finden sich Störungen in der eben angegebenen Vertheilung; dieselben sind jedenfalls eine Folge von abwechselnden Bildungen rechter und linker Krystalle, welche durch Temperaturschwankungen während des langsamen Wachsthums eingetreten sind. So zeigte z. B. ein einfach erscheinender linker Krystall auf der Fläche p_1, p_2 und p_4 sehr bestimmt die normale Vertheilung, während auf p_3 bei wiederholten Prüfungen nur positive Spannung beobachtet werden konnte.

Die durch Druck hervorgerufenen Elektricitäten sind im Allgemeinen stark, aber auch bei diesen Versuchen traten öfters Störungen ein, indem an einer Stelle beim Eintritt des Druckes das Goldblatt im Sinne der normalen Vertheilung eine geringe Bewegung machte, sodann aber rasch nach der entgegengesetzten Seite in stärkerem Grade ausschlug.

Ameisensaurer Strontian.

Die Krystalle des ameisensauren Strontians sind rhombisch und zeichnen sich durch ihre hemimorphe Bildung aus. Das Verhältniss der Axen ist $a:b:c = 0,6076:1:0,5949$; und die an ihnen auftretenden Flächen gehören den Gestalten P, $\bar{P}\frac{1}{2}$, ∞P, $\breve{P}\infty$, $2\breve{P}\infty$ und $\infty\breve{P}\infty$ an. Dabei erscheinen gewöhnlich die Flächen von P und $\bar{P}\frac{1}{2}$ nicht vollzählig, sondern nur in der Zahl vier als Tetraeder und zwar so, dass, wenn die vier Flächen des einen ein rechtes Tetraeder bilden, die vier Flächen des andern Tetraeders ein linkes darstellen. Bisweilen erscheinen auch alle acht Flächen der Gestalt $P\frac{1}{2}$, doch sind dann die dem einen Tetraeder entsprechenden grösser als die des andern; die kleinen Flächen des Tetraeders $\bar{P}\frac{1}{2}$ liegen dann neben den Flächen von P.

Die Krystalle enthalten 2 Aq. und isoliren bei der Zimmertemperatur nicht; durch eine Erwärmung lässt sich keine genügende Isolation hervorrufen, weil die Krystalle sofort ihr Wasser verlieren und weiss werden. Unter diesen Umständen war es nicht möglich, thermo-elektrische Erregungen zu beobachten, da die gute Leitungsfähigkeit keine Ansammlung der Elektricität bis zu einer am Elektrometer wahrnehmbaren Stärke gestattete.

Dagegen kann man die Piëzo-Elektrizität wegen ihrer augenblicklichen Entstehung sehr gut beobachten, besonders wenn man den Krystall bis 30° C. erwärmt. Beim Druck und Nachlassen desselben tritt die elektrische Spannung in grosser Stärke auf. Der durch dieselbe erzeugte Ausschlag des Goldblättchens im Elektrometer verschwindet aber infolge der Leitungsfähigkeit sofort wieder.

An den von mir untersuchten Krystallen befanden sich nur grössere Flächen des Tetraeders $\bar{P}\frac{1}{2}$, während die Flächen des Tetraeders P nicht vorhanden waren.

Es wurden sowohl rechte als linke Krystalle untersucht; bei beiden Arten wurden stets die Stellen, wo die Flächen des Tetraeders $\bar{P}\frac{1}{2}$ liegen, beim Druck positiv, beim Nachlassen negativ elektrisch.

Die Krystalle des ameisensauren Strontians besitzen also vier polar-elektrische Axen, deren positive Pole an den von den Prismen-

und Tetraederflächen gebildeten Kanten liegen, während die negativen sich auf den diametral entgegengesetzten Stellen der Oberfläche befinden.

Ameisensaurer Kalk.

Die Krystalle des ameisensauren Kalkes sind ebenso wie die Salze des Baryts oder Bleioxyds wasserfrei. Sie gehören dem rhombischen Systeme an. Als Krystallgestalten treten auf zwei Oktaeder mit verschiedenen verticalen Axen, ein verticales Prisma und das Makro- und Brachypinakoid. Rammelsberg wählt das weniger stumpfe Oktaeder zur Grundform und erhält dann für die genannten Flächen die Bezeichnung $\frac{1}{2}P$, P, $\infty \breve{P}2$, $\infty \bar{P}\infty$ und $\infty \breve{P}\infty$. Das Verhältniss der Axen ist $a:b:c = 0{,}760:1:0{,}9342$.

Die von mir dargestellten Krystalle waren vorzugsweise von $\frac{1}{2}P$, P und $\infty \breve{P}\infty$ begrenzt. Die Flächen des Prismas $\infty \breve{P}2$ und des Makropinakoids $\infty \bar{P}\infty$ traten dagegen nur in sehr geringer Ausdehnung auf oder fehlten, sodass die Krystalle als von den Flächen $\infty \breve{P}\infty$ gebildete Tafeln erschienen.

Während an den vorher behandelten Krystallen hemimorphe Bildungen vorhanden waren, zeigten die Krystalle des ameisensauren Kalks keine solchen. Damit stimmen auch ihre thermoelektrischen Eigenschaften überein; sie verhielten sich wie vollkommen holoedrische.

Die beiden Enden einer jeden Axe besassen dieselbe Polarität, und zwar waren die Enden der verticalen Axe beim Erkalten negativ, während die Enden der Brachy- und Makrodiagonale positive Spannung zeigten. Die negative Elektricität besass eine geringere Ausdehnung als die positive auf den seitlichen Theilen, trat dafür aber in grösserer Stärke auf.

Durch Druck der Krystalle nach den verschiedensten Richtungen entstand keine Piëzo-Elektricität, was als weiterer Beweis dafür gelten kann, dass die Krystalle nicht hemimorph sind.

Salpetersaurer Baryt.

Die Krystalle des salpetersauren Baryts gehören zum tesseralen System, und sind an ihnen folgende Gestalten beobachtet

worden: Würfel, Tetraeder, Pentagondodekaeder und tetraedrisches Pentagondodekaeder.

Der Umstand, dass diese Gestalten zusammen auftreten, weist darauf hin, dass die Krystalle des salpetersauren Baryts der plagiedrisch-hemiedrischen Abtheilung des Würfelsystems, mit welchem zugleich eine hemimorphe Bildung verbunden ist, angehören.

Hinsichtlich des gleichzeitigen Vorkommens von geneigt- und parallelflächigen hemiedrischen Gestalten gleicht der salpetersaure Baryt also dem chlorsauren Natron. In der Abhandlung über die thermo-elektrischen Erscheinungen an diesem Salze habe ich dargelegt, wie die oben genannten Gestalten eine Folge der hemimorphen Ausbildung einer hemiedrischen Gestalt sind.[1])

Mit Rücksicht auf ihre Hauptbegrenzungsflächen lassen sich die Krystalle in zwei Gruppen theilen. In der ersten herrschen die Flächen des Würfels vor, während in der zweiten eine oktaedrische Bildung sich geltend macht.

An den würfelförmigen Krystallen traten kleine Flächen eines oder beider Tetraeder auf, die oft in Grösse und Glanz verschieden waren. SCACCHI fand an Krystallen, welche aus mit salpetersaurem Natron versetzten Lösungen entstanden waren, nur ein Tetraeder, dessen Flächen glänzend waren.

An den Krystallen mit oktaedrischem Aussehen erschienen beide Tetraeder in fast gleicher Grösse ohne merklichen Unterschied in Glanz und Glätte. Die Würfelflächen an diesen Krystallen besitzen sehr verschiedene Ausdehnung, fehlen öfters auch ganz, sodass in Folge der Ungleichheit in der Grösse der Tetraederflächen an ihrer Stelle eine kurze Kante erscheint.

Unter den von mir auf ihr thermo-elektrisches Verhalten geprüften würfelförmigen Krystallen fanden sich zwei von eigenthümlicher Gestaltung, nämlich Zwillingskrystalle, bei welchen eine Würfelfläche die Zwillingsebene bildet.

Zwillinge aus zwei vollflächigen tesseralen Krystallen, bei denen eine Würfelfläche die Zwillingsebene bildet, existiren nicht, weil ein in der bezeichneten Lage angefügter zweiter Krystall bei Drehung von 90^0 um die auf der Zwillingsebene senkrecht stehende Axe den zweiten Krystall stets wieder mit dem ersten, an welchen

1) Abhandl. d. Kgl. sächs. Ges. d. Wiss. Bd. XXXI (Bd. XVIII), S. 312.

er angelegt ist, in völlig gleichartige Stellung bringt. Dagegen ist, wie von den Krystallographen schon hervorgehoben, bei tesseralen Krystallen eine Zwillingsbildung der genannten Art möglich, wenn die Krystalle hemiedrisch und hemimorph sind.

Legen wir zwei Würfel, welche Tetraederflächen tragen, mit zwei Würfelflächen in paralleler Stellung aneinander, sodass die Tetraederflächen an denselben Enden liegen, und drehen den einen um die auf den sich berührenden Würfelflächen senkrecht stehende Axe um 90°, so treffen jetzt an den sich berührenden Flächen die gleichnamigen Ecken zusammen, d. h. es berühren sich zwei Würfelecken, welche keine Tetraederflächen tragen, und ebenso zwei Würfelecken, an welchen sich die Tetraederflächen finden. Denken wir uns nun die beiden Krystalle in dieser Lage durcheinander geschoben, so erscheinen die Tetraederflächen an allen acht Ecken, stellen also einen vollflächigen Krystall dar. Da nun die gleichnamigen Ecken, d. h. einerseits die mit Tetraederflächen und andererseits die nicht mit solchen versehenen dieselbe Polarität besitzen, so legen sich (Taf. I, Fig. 8) die Zwillinge mit den gleichnamigen Polen aneinander. Das ist aber derselbe Vorgang, wie er sich auch bei anderen hemimorphen Substanzen in ihrer Zwillingsbildung zeigt. Bei dem Zucker, der Weinsäure, dem Kieselzinkerz legen sich die beiden den Zwilling bildenden Krystalle mit ihren gleichnamigen elektrischen Polen, also auch mit gleichgestalteten Enden zusammen, sodass auch bei ihnen, wenn man sich die beiden Krystalle des Zwillings ineinander geschoben denkt, der Hemimorphismus verschwindet.

Wie oben erwähnt, ist die Möglichkeit der Bildung von Zwillingen bei hemimorphen Krystallen im tesseralen System, an welchen eine Würfelfläche die Zwillingsebene bildet, schon öfters ausgesprochen; es ist mir aber nicht bekannt, dass bisher Zwillinge dieser Art beobachtet worden sind; die Zwillinge des salpetersauren Baryts dürften also das erste Beispiel dafür sein.

Das thermo-elektrische Verhalten der Krystalle des salpetersauren Baryts entspricht der oben beschriebenen krystallographischen Bildung.

An den würfelförmigen Krystallen sind, wie beim Boracit, die Ecken abwechselnd positiv und negativ und zwar besitzen diejenigen Ecken, an welchen die Tetraederflächen die glänzenden sind, positive Spannung. Auch die Mitten der Würfelflächen zeigen

elektrische Spannungen und zwar erscheinen dieselben an allen geprüften Krystallen negativ, sodass eine negative Zone diagonal über die Würfelflächen von einer negativen Ecke zur gegenüber liegenden, ebenfalls negativen Ecke sich hinzieht.

Dieselbe Erscheinung wurde auch beim Boracit[1]) beobachtet, nur fanden sich an den Krystallen dieses Minerals auch Würfelflächen, deren Mitte positiv elektrisch war, sodass bei ihnen eine positive Zone in der die positiven Ecken verbindenden Diagonale auftrat.

Da bei der oben beschriebenen Zwillingsbildung sich gleichnamige Ecken aneinander legen, so ist die elektrische Vertheilung auf einem Zwilling die folgende. Die mit den Zwillingsaxen parallelen Kanten des gesammten Krystalles (Taf. I, Fig. 8) zeigen an beiden Enden die gleiche Polarität, während die entgegengesetzte an der Zusammenwachsungsstelle sich findet. Dabei wechselt dieselbe von einer Kante zur anderen regelmässig ab. Auf den beiden mit der Zwillingsebene parallelen äusseren Krystallflächen sind natürlich wie beim einfachen Krystall die Ecken abwechselnd positiv und negativ. In der Figur 8 ist die auf einem solchen Zwillingskrystalle vorhandene elektrische Vertheilung durch die Zeichen + und — angedeutet.

Das elektrische Verhalten der Krystalle von oktaedrischem Aussehen ist genau dasselbe wie bei den würfelförmigen. Von den beiden Tetraedern, welche das scheinbare Oktaeder bilden, sind die Flächen des einen negativ, die des anderen positiv. Von der Mitte einer negativen Tetraederfläche zieht sich über die Würfelfläche oder die etwa an ihre Stelle getretene Kante eine negative Zone zu der Mitte der anliegenden Fläche desselben Tetraeders.

Welche Flächen eines anscheinend oktaedrischen Krystalles dem negativen und welche dem positiven Tetraeder zugehören, lässt sich aus dem äusseren Ansehen der Krystalle nicht bestimmen, sondern es bedarf einer speciellen Untersuchung.

Die Krystalle des salpetersauren Baryts durften nur bis 55° C. erhitzt werden und es ist zweckmässig, dieselben bald nach dem Herausnehmen aus der Heizvorrichtung auf ihr thermoelektrisches Verhalten zu untersuchen, da sie bei niederer Temperatur nicht gut isoliren.

---

1) Siehe diese Abhandl. Bd. XXIV (XIV), S. 299.

Stösst man mit dem am Hebel befindlichen Platindrahte auf eine Fläche eines Krystalles von salpetersaurem Baryt, so wird der Platindraht positiv und folglich die Krystallfläche negativ elektrisch. Wird nun der zuvor entladene Platindraht der getroffenen Stelle nur genähert, so giebt das Elektrometer selbstverständlich einen negativen Ausschlag; es wurde daher bei Beobachtung der Thermo-Elektricität jede Berührung des Krystalles mit dem Platindraht sorgfältig vermieden.

Beim Druck und Nachlassen des Druckes konnte keine piezoelektrische Erregung beobachtet werden, während doch solche bei den mit ähnlichen Gestalten versehenen Krystallen des chlorsauren Natrons auftraten.

Salpetersaures Bleioxyd.

Die Krystalle des salpetersauren Bleioxyds sind isomorph mit denen des salpetersauren Baryts, gehören also ebenfalls zur plagiedrisch-hemiedrischen Abtheilung des tesseralen Systems.

Bei wiederholten Krystallisationen bildeten sich aus den Lösungen stets nur Krystalle von oktaedrischem Aussehen mit mehr oder weniger grossen Würfelflächen. Ein bestimmt hervortretender Unterschied zwischen den Flächen der beiden das scheinbare Oktaeder bildenden Tetraeder trat nicht hervor.

Ebenso wie in Gestalt gleichen die Krystalle des salpetersauren Bleioxyds auch in Bezug auf die elektrische Vertheilung den Krystallen des salpetersauren Baryts. Die Flächen des einen Tetraeders erschienen bei der Abkühlung negativ, die des andern positiv, und es zog sich eine negative Zone von einer Fläche des negativen Tetraeders über die Würfelfläche zu der nächsten Fläche dieses Tetraeders hinüber.

Die Krystalle des salpetersauren Bleioxyds durften ebenfalls nur bis 55° C. erhitzt werden und wurden nach dem Herausnehmen aus dem heissen Ofen sofort untersucht, weil sie bei niederer Temperatur nicht gut isolirten.

Auffallend war, dass beim Aufstossen des Platindrahtes auf eine Krystallfläche des salpetersauren Bleioxyds gerade die entgegengesetzten Elektricitäten entstanden, als beim Aufstossen auf einen Krystall des salpetersauren Baryts: der Platindraht wurde negativ, die Krystallfläche positiv elektrisch. Wurde nun dieser

Fläche der entladene Platindraht genähert, so zeigte das Elektrometer positive Spannung an.

Auch bei den Krystallen des salpetersauren Bleioxyds konnte durch Druck und Nachlassen desselben keine elektrische Erregung hervorgerufen werden.

Schwefelsaures Kali.

Die Krystalle des schwefelsauren Kalis gehören dem rhombischen Systeme an. Das Verhältniss der Brachydiagonale zur Makrodiagonale und verticalen Hauptaxe ist 0,5727 : 1 : 0,7464. Als Krystallgestalten finden sich: P, $\frac{1}{2}P$, ∞P, $\infty\breve{P}3$, $\breve{P}\infty$, $2\breve{P}\infty$, oP, $\infty\breve{P}\infty$, $\infty\bar{P}\infty$. Die Prismenflächen haben in der verticalen Richtung oft nur eine geringe Ausdehnung, so dass die Krystalle, wenn die Flächen $\breve{P}\infty$ vorhanden sind, das Ansehen einer doppelt sechsseitigen Pyramide darbieten.

Die thermo-elektrische Erregung der Krystalle ist nur gering, aber sehr bestimmt und deutlich. An den Enden der verticalen Hauptaxe erscheinen bei der Abkühlung positive Pole und ebensolche an den Enden der Makrodiagonale, während an den Enden der Brachydiagonale negative Polarität auftritt. Diese letztere übertrifft an Stärke stets sowohl diejenige an den Polen der verticalen Axe als auch die an den Enden der Makrodiagonale beobachteten. Sind etwas längere Prismenflächen vorhanden, so erscheinen die Kanten des Prismas elektrisch, jedoch am stärksten in ihrer Mitte.

Glycocoll.

Im Jahre 1881 erhielt ich von Herrn Prof. CURTIUS, als er sich während seiner Studienzeit in dem KOLBE'schen Laboratorium in Leipzig mit einer Untersuchung über das Glycocoll beschäftigte, einige Krystalle dieser Substanz. Ich prüfte sie gleich damals auf ihr elektrisches Verhalten; dieselben gaben nach einer Erhitzung bis zu 90° C. beim Erkalten so kräftige elektrische Spannungen, dass das Goldblättchen des Elektrometers ganz aus dem Gesichtsfelde des zu seiner Beobachtung dienenden Mikroskops verschwand; doch war es nicht möglich, die Vertheilung der beiden Polaritäten mit der Krystallgestalt in irgend einen Zusammenhang zu bringen.

Gegen Ende des vorigen Jahres nahm ich die Untersuchung der Krystalle wieder auf. Ich erhielt dieselben starken Elektricitäten. Darauf ersuchte ich Herrn Prof. Curtius, falls er noch im Besitze einiger Krystalle von Glycocoll wäre, mir dieselben zu senden. Er erfüllte sehr freundlich meine Bitte, aber auch diese neuen Krystalle gaben mir trotz der grossen Intensität ihrer elektrischen Spannungen keinen Aufschluss über die Beziehungen zwischen der elektrischen Vertheilung und der Krystallgestalt.

Da die Krystalle des Glycocoll erst bei einer Temperatur von 170° C. schmelzen, so hatte ich kein Bedenken getragen, die Krystalle, um die elektrischen Vorgänge stark auftreten zu lassen, bis 90° C. zu erhitzen (wie schon erwähnt). In dieser starken Erhitzung liegt aber, wie später gezeigt werden wird, die Ursache, welche verhinderte, den Zusammenhang der elektrischen Eigenschaften mit der Krystallgestalt zu erkennen.

Um weiteres Material zur Untersuchung zu erhalten, löste ich eine Quantität von der Firma Kahlbaum bezogenen Glycocolls in Wasser auf und stellte die concentrirte Lösung in ein Zimmer bei 20° C., wobei sich bald ziemlich grosse Krystalle bildeten.

Die Krystalle des Glycocolls sind monoklin. Rammelsberg giebt das Verhältniss ihrer Axen $a : b : c = 0{,}8426 : 1 : 0{,}4533$ an und den Winkel zwischen der verticalen Axe und der Klinodiagonale zu 68° 20′. Als vorkommende Gestalten führt er auf ∞*P*, ∞Ᵽ2, Ᵽ∞ und ∞Ᵽ∞.

Die von mir dargestellten Krystalle waren in ihrer Form sehr einfach; sie wurden nur von den Flächen ∞*P* und Ᵽ∞ begrenzt. Dabei waren die Flächen Ᵽ∞ vollkommen glatt und eben, während die Prismenflächen eine schwache verticale Streifung zeigten, welche auf das Auftreten der Flächen ∞Ᵽ2 hinwies.

Die zuerst aus der Lösung erhaltenen Krystalle waren farblos und durchsichtig; nach langem Stehen färbte sich die Lösung etwas bräunlich und es nahm diese Färbung mit der Länge der Zeit zu, sodass in Folge dessen die Krystalle ein schwach gelbliches, später sogar ein bräunliches Aussehen erhielten.

Die Krystalle des Glycocolls besitzen einen sehr vollkommenen, mit dem klinodiagonalen Hauptschnitte parallelen Durchgang und zerspalten sich beim Erhitzen sehr leicht nach demselben in zwei oder mehrere Stücke. Um dies Zerspalten möglichst zu vermeiden, erhitzte ich die Krystalle nur bis 70° C. und fand bei den ersten

Erhitzungen eine mit der Krystallgestalt in Beziehung stehende thermo-elektrische Vertheilung. Nach weiterem Erhitzen änderte sich dieselbe aber bald in eine völlig andere um, welche den früheren Ergebnissen entsprach. Bei diesen Beobachtungen, also nach der eingetretenen Umwandlung, war die Intensität der erscheinenden elektrischen Spannungen 10- bis 20fach grösser als bei den ersten Erhitzungen.

Um die Umwandlung zu verhindern, wurden dann die Krystalle nur bis 55° C. erhitzt.

Für eine genauere Einsicht in das thermo-elektrische Verhalten der Glycocollkrystalle ist es erforderlich, die an einzelnen Individuen gemachten Beobachtungen darzulegen.

Krystall Nr. 1.

Der Krystall Nr. 1. war nur von den Flächen ∞P und $\mathrm{P\!\!\!/}\infty$ begrenzt. Fig. 1 (Taf. II) zeigt sein Netz in doppeltlinearer Vergrösserung; in demselben sind ausser den Flächen des Prismas und Klinodomas auch die von den Prismenflächen gebildeten Kanten eingezeichnet. Die Flächen des Prismas sollen im Texte mit 1, 2, 3, 4 und die von ihnen gebildeten Kanten mit (1, 2), (2, 3) u. s. w. bezeichnet werden.

Bei der Erwärmung, die nur bis 55° C. stieg, war der Krystall bis auf die zu prüfende Fläche oder Kante in Kupferfeilicht eingehüllt.

Die Beobachtungen erfolgten zuerst auf der Fläche 1, dann auf der Kante (1, 2), sodann auf der Fläche 2 u. s. w. Den Schluss bildeten die Beobachtungen auf den oberen und dann auf den unteren Flächen des Klinodomas.

Die Beobachtungen ergaben eine sehr einfache und strenge Beziehung der elektrischen Polaritäten zu den Krystallaxen. Die Enden der verticalen Axe, also die oberen und unteren Flächen des Klinodomas sind negativ; an diesen negativen Polaritäten nehmen auch die orthodiagonalen Kanten nebst schmalen anliegenden Theilen der Prismenflächen Theil; dagegen sind die klinodiagonalen Kanten nebst den grösseren Theilen der Prismenflächen positiv.

Die auf den Prismenflächen und -kanten gefundenen elektrischen Spannungen sind im Allgemeinen nur schwach, während die auf den Flächen des Klinodomas auftretenden etwas grössere Stärke besitzen.

Da die Menge der entwickelten positiven und negativen Polarität gleich sein muss, so kann, da die Flächen am oberen und unteren Ende ziemlich stark negativ sind, die negative Spannung auf den an den orthodiagonalen Seitenkanten liegenden Flächenstücken des Prismas nur in geringer Ausdehnung auftreten.

Der vorliegende Krystall Nr. 1 zeigte nach 20maliger Erhitzung bis 55° C. noch genau dasselbe Verhalten wie anfangs. Sein klares Aussehen hatte durch diese vielfachen, freilich nur geringen Erhitzungen nicht gelitten, auch waren noch keine Sprünge nach dem Hauptdurchgange wahrnehmbar.

Mit diesem Krystall Nr. 1 stimmten in ihrem Verhalten eine Reihe anderer Krystalle überein, nur verbreitete sich in einzelnen Fällen die positive Elektricität von den Prismenflächen auf die anliegenden Theile des Klinodomas.

Krystall Nr. 2.

Das Netz dieses Krystalles stellt Fig. 2A und B in doppelt linearer Vergrösserung dar. Der Krystall war von den von mir dargestellten Krystallen der erste, welcher untersucht und daher noch bis zu 70° C. erhitzt wurde.

Die erste Reihe von Beobachtungen ergab ein sehr einfaches Resultat, welches mit dem auf dem Krystall Nr. 1 gefundenen übereinstimmte, d. h. also die Enden der verticalen Axe und der Orthodiagonale waren negativ, während die Enden der klinodiagonalen (Fig. 2A) positiv erschienen; jedoch hatten durch die 10malige Erhitzung die unteren Flächen des Klinodomas schon eine gewisse Aenderung erlitten.

Als nun eine neue Reihe von Beobachtungen begonnen wurde, zeigte der Krystall zu meinem Erstaunen ein völlig verändertes Verhalten; dasselbe ist in Fig. 2B dargestellt. Die Prismenflächen 1 und 2 nebst den Kanten (4, 1) und (1, 2) waren negativ, die Flächen 3 und 4, sowie die Kanten (2, 3) und (3, 4) dagegen positiv. Die oberen Flächen des Klinodomas zeigten in den grösseren nach den Flächen 1 und 2 gelegenen Theilen negative Spannung, während die an den Flächen 3 und 4 angrenzenden Stücke positiv waren. Die Hälften der oberen Flächen schlossen sich also in ihrer Polarität den benachbarten Prismenflächen an. Auf den unteren Flächen des Klinodomas erschien beim Beginn der Abkühlung negative Polarität (Fig. 2Bα), die aber nach 5—7 Minuten

in eine positive überging (Fig. 2 Bβ). Die in dieser zweiten Beobachtungsreihe auftretenden Spannungen waren, wie schon oben gesagt, beträchtlich stärker als die bei der ersten Reihe gefundenen.

Die Vertheilung der elektrischen Polaritäten war also bei dieser zweiten Reihe von Erhitzungen eine völlig andere als vorher. Während sie bei den ersten zehn Erhitzungen auf eine holoedrische Krystallform hinwies, erschien sie in der 2. Reihe der Versuche als von einer nach der Richtung der Klinodiagonale hemimorphen Bildung bedingt.

Der Krystall, welcher ursprünglich völlig klar und durchsichtig gewesen war, zeigte jetzt nach 20 maliger Erhitzung mehrere Sprünge nach dem mit dem klinodiagonalen Hauptschnitte parallelen Durchgange.

Bei dem vorliegenden Krystalle war die Umwandlung der Polaritäten scheinbar plötzlich eingetreten. Der Grund für diese rasche Aenderung ist in der bis 70° gesteigerten Temperatur zu suchen. Wird bei den aufeinanderfolgenden Erhitzungen die Grenze der Temperatur etwas niedriger, z. B. auf 60° C. gestellt, so tritt die in Fig. 2 B eingezeichnete Vertheilung nicht sofort auf; je nach der Dauer und Höhe der Erhitzung erscheinen in der anfänglichen, einem holoedrischen Krystalle entsprechenden Vertheilung nach und nach Aenderungen, die endlich eine der Fig. 2 B analoge Vertheilung entstehen lassen.

Ich will diesen Vorgang der allmählichen Umwandlung durch die Darstellung der an zwei anderen Krystallen gemachten Beobachtungen näher darlegen.

Krystall Nr. 3.

Der Krystall Nr. 3, dessen Netz ebenfalls in doppelt linearer Vergrösserung Fig. 2 darstellt, war wie der Krystall Nr. 2 fünf Mal bis 70° C. erhitzt worden; dann aber wurde die obere Grenze der Temperatur auf 55 bis 60° C. herabgesetzt. Die Beobachtungen auf den Flächen 1 bis 4, sowie auf den Kanten (1, 2), (2, 3) und (3, 4) gaben die normale Spannung: dagegen erschien auf der Kante (4, 1) anstatt der normalen negativen, bereits eine positive Spannung, die sich auch bei den späteren Erhitzungen erhielt. Der der Kante (3, 4) anliegende Streifen auf der Prismenfläche 4 hatte vorher noch die normale negative Spannung gezeigt.

Als der Krystall einer zweiten Reihe von Beobachtungen

unterworfen wurde, zeigte sich eine ganz veränderte Vertheilung der Polaritäten. Die Beobachtungen dieser Reihe sind in Fig. 3 B eingetragen.

Der Krystall verhielt sich im Allgemeinen wie ein nach der Orthodiagonale hemimorpher. Das an der Kante (4, 1) der Orthodiagonale liegende Ende war positiv, während das entgegengesetzte Ende derselben Diagonale nebst den anliegenden Flächen 2 und 3 negativ war. Auch die oberen Flächen des Klinodomas zeigten eine Veränderung, indem auf dem grössten Theile derselben positive Spannung auftrat, und nur an der negativen Fläche 2 eine geringe negative Spannung wahrgenommen wurde.

Eine dritte Beobachtungsreihe, die ebenso wie die zweite nach Erhitzung bis 55° C. stattfand, ergab wieder Aenderungen, die so beschaffen waren, dass jetzt die Vertheilung mit der auf dem Krystall Nr. 2 zuletzt beobachteten fast ganz übereinstimmte, d. h. die elektrischen Polaritäten zeigten sich so vertheilt, wie solches auf einem nach der Richtung der Klinodiagonale hemimorphen Krystalle stattfinden würde. Die Flächen 1 und 2 waren negativ, 3 und 4 positiv. Die Prismenkanten (1, 2) und (2, 3) waren negativ, (3, 4) und (4, 1) positiv; auf der unteren Fläche des Klinodomas erschien in der Nähe der positiven Flächen 3 und 4 etwas positive Spannung.

Krystall Nr. 4.

Der Krystall Nr. 4 war der grösste unter den von mir dargestellten. Die verticalen Prismenkanten an den Enden der Klinodiagonale maassen 13 mm. Fig. 4 stellt sein Netz in natürlicher Grösse dar.

Um bei der Erwärmung die Temperatur im ganzen Krystall gleichförmig werden zu lassen, wurde derselbe stets etwas länger als die übrigen kleineren Krystalle in dem Ofen stehen gelassen, wobei die Temperatur jedoch niemals die Höhe von 60° C. erreicht hat.

In der ersten Beobachtungsreihe traten anfangs die normalen Polaritäten auf, später aber (Fig. 4, A) bereits nach der 7. Erwärmung fehlte auf der rechten Seite der Fläche 4 die negative Spannung, ebenso zeigte auch die nächste Beobachtung der Kante (4, 1) schon den Uebergang in die positive Spannung. Die Untersuchung der Flächen des Klinodomas war bei diesem ersten

Umgange, sowie auch bei dem folgenden zweiten Umgange nicht ausgeführt worden.

Infolge neuer Erhitzungen (9 bis 16) traten, wie die in Fig. 4 B eingetragenen Beobachtungen zeigen, weitere Aenderungen in den Polaritäten ein, die in einer dritten Reihe von Beobachtungen (Fig. 4 C) mit einer der zuletzt auf Krystall Nr. 3 (Fig. 3 C) analogen Vertheilung endeten. Während jedoch bei Krystall Nr. 3 die ganze Fläche 1 negativ geworden war, vermochte bei Krystall Nr. 4 die negative Spannung auf der Fläche 1 nur in der Nachbarschaft der Kante (1, 2) aufzutreten; der nach links liegende Theil verblieb positiv.

Der Krystall, welcher bisher nur bis 60° C. erhitzt war, wurde nun behufs neuer Prüfung der Fläche 1 mehrere Mal bis 70° C. erhitzt, um zu sehen, ob durch eine höhere Temperatur etwa eine weitere Verbreitung der negativen Polarität auf der Fläche 1 hervorgebracht werden könnte; jedoch bei all diesen Erhitzungen blieb die Vertheilung auf der Fläche 1 so, wie sie in Fig. 4 C dargestellt ist.

Es war auffallend, dass bei allen bisher untersuchten Krystallen die negative Polarität auf der Kante (1, 2) und den anliegenden Flächen, die positive aber auf der Kante (3, 4) und den ihr anliegenden Flächen auftrat. Der Grund davon konnte entweder in der Lage des Krystalls bei seiner Bildung, oder in der Reihenfolge der angewandten Erhitzungen liegen. Es wurde nämlich die bestausgebildete links von der klinodiagonalen Kante befindliche Prismenfläche, welche bei dem Wachsen des Krystalles oben gelegen hatte, als die erste bezeichnet, die Beobachtungen wurden mit dieser begonnen und in der angeführten Reihenfolge durchgeführt. Ich benutzte daher die zwei letzten aus der Lösung erhaltenen, schon etwas gefärbten Krystalle zu einem Versuche, bei welchem die Untersuchungen mit der Fläche 4 begannen und in der umgekehrten Reihenfolge ausgeführt wurden. Dabei trat auf dem einen Krystalle die negative Spannung auf den Flächen 4 und 3, und die positive auf den Flächen 2 und 1 auf, während bei dem andern zuletzt nur die Prismenfläche 1 positiv, die übrigen negativ erschienen. Hiernach wäre es wohl möglich, dass die Reihenfolge der Erhitzungen Einfluss auf die schliessliche Vertheilung ausübte.

Bei diesen beiden Krystallen trat noch ein eigenthümlicher Umstand hervor. Eine zehnmalige Erhitzung bis 65° C. und eine

weitere zehnmalige bis 70° C. brachte noch keine Veränderung in der normalen Vertheilung der Elektricität hervor. Die Temperatur musste bis auf 80° C. erhöht werden, um die oben angegebene Vertheilung zu erhalten.

Die nach mehrmaligem Erhitzen auftretende Vertheilung der Elektricität gleicht, wie schon erwähnt, der auf einem nach der Klinodiagonale hemimorphen Krystall; und man könnte deshalb wohl die Frage stellen, ob nicht durch die wiederholte Erhitzung die Moleküle sich in eine hemimorphe Gestalt umgewandelt hätten. Die Hemimorphie müsste aber in der Richtung der Klinodiagonale eingetreten sein; das ist jedoch unwahrscheinlich, da bei den hemimorphen monoklinen Krystallen (Zucker, Weinsäure, weinsaures Kali) die Hemimorphie stets nach der Orthodiagonale sich ausbildet. Ich habe es dessen ungeachtet nicht für überflüssig gehalten, eine Prüfung der veränderten Krystalle des Glycocolls vorzunehmen, indem ich sie in der Richtung von der Prismenkante (1, 2) zur Prismenkante (3, 4) einem Drucke unterwarf. Wie vorauszusehen stand, rief aber dieser Druck keine elektrische Erregung hervor.

Es lässt sich also bis jetzt kein Grund angeben, aus welchem durch mehrfaches starkes Erhitzen die Krystalle des Glycocolls ihre elektrischen Spannungen umändern. Mit Rücksicht hierauf dürfte es vielleicht nicht überflüssig sein, eine Lösung des Glycocolls bei einer Temperatur von 70° C. der Krystallisation auszusetzen, um zu sehen, ob bei dieser hohen Temperatur vielleicht andere Krystallformen erscheinen.

Taurin.

Die Krystalle des Taurins gehören dem monoklinen Systeme an. Das Verhältniss der Klinodiagonale zur Orthodiagonale und zur verticalen Hauptaxe ist: 0,6827 : 1 : 0,4539, während der spitze Winkel zwischen der verticalen Axe und der Klinodiagonale 80° 22′ beträgt. Die Krystalle bilden längere Prismen, an deren Enden sich gegen die Axe geneigte Flächen finden. Die von mir untersuchten Krystalle hatten eine Länge von 12—14 mm und in der Richtung der Orthodiagonale eine Breite von 3,5—4 mm.

Die Krystalle wurden bis 90° C. erhitzt, und zeigten dann bei der Abkühlung auf den prismatischen Seitenkanten elektrische Spannungen. Dieselben waren auf den Kanten im klinodiagonalen

Hauptschnitte positiv und auf denen im orthodiagonalen Hauptschnitte negativ. An den Enden der verticalen Axe gelang es nicht, elektrische Spannungen mit Bestimmtheit nachzuweisen.

Quercit.

Bei der Untersuchung des Tubocurare fand Herr Professor BÖHM grössere Krystalle, die sich nach Gestalt und chemischer Zusammensetzung als Quercit erwiesen. Dies veranlasste mich, meinen hochverehrten Herrn Collegen um Ueberlassung einiger dieser Krystalle behufs Prüfung auf ihr thermo-elektrisches Verhalten zu ersuchen. Er gewährte mir nicht nur gütigst diese Bitte, sondern sandte mir auch noch ein Quantum pulverförmigen Quercits mit, das ebenfalls aus dem Tubocurare stammte und durch Behandeln mit Thierkohle farblos gemacht worden war. Aus der Lösung dieser Substanzen in Wasser erhielt ich sehr schöne, ziemlich grosse Krystalle.

Die aus dem Tubocurare entnommenen Krystalle waren etwas gelb gefärbt, dagegen die aus der Lösung gewonnenen vollständig klar und farblos.

Die Krystalle des Quercits gehören zum monoklinen System. Das Verhältniss der Klinodiagonale zur Orthodiagonale und zur verticalen Axe ist = 0,805 : 1 : 0,764. Der schiefe Axenwinkel beträgt $69^{0}\ 3'$.

An den von mir aus der Lösung erhaltenen Krystallen finden sich die Flächen ∞P, 0P, +Ᵽ∞, Ᵽ∞ und ∞Ᵽ∞; jedoch treten die beiden Gestalten ∞Ᵽ∞ und Ᵽ∞ nur mit der Hälfte der Flächen auf. Von der Gestalt ∞Ᵽ∞ erscheint nur die eine Fläche auf der linken Seite; dagegen finden sich auf der rechten Seite die beiden Flächen Ᵽ∞ und schneiden sich in einer der Klinodiagonale parallelen Kante. Die Krystalle sind somit in der Richtung der Orthodiagonale hemimorph gebildet. Die Flächen +Ᵽ∞ haben nur eine sehr geringe Grösse, während die Flächen 0P eine beträchtliche Ausdehnung besitzen.

Die aus dem Tubocurare entnommenen Krystalle haben längere Prismenflächen, und die Flächen des Klinoprismas Ᵽ∞ treten nur in geringer Ausdehnung auf. Es erscheint also bei ihnen auf der rechten Seite der Orthodiagonale eine von den Prismenflächen ∞P gebildete Kante.

Bei der Prüfung auf ihr elektrisches Verhalten wurden die Krystalle bis 90° C. erhitzt; die beim Abkühlen auftretende Elektricität war ziemlich stark und zwar erschien die eine linke Fläche des Orthopinakoids $\infty \text{P}\!\!\!- \infty$ nebst den beiden anliegenden Prismenflächen ∞P und den Endflächen $0 P$ positiv, während die negative Polarität die beiden rechten Flächen des Prismas und die beiden Flächen des Klinoprismas $\text{P}\!\!\!- \infty$ einnahm.

Piëzo-Elektricität.

Bei der gewöhnlichen Temperatur isoliren die Krystalle des Quercits nicht, so dass, wenn die an der linken Seite der Orthodiagonale befindliche Fläche $\infty \text{P}\!\!\!- \infty$ auf eine Platte von Platin oder Kupfer gelegt wird, während die an dem Hebel der Druckvorrichtung isolirt befestigte, und mit dem Goldblättchen des Elektrometers in leitender Verbindung stehende Zinnplatte auf die am rechten Ende der Orthodiagonale befindliche Kante gelegt wird, ein negativer Ausschlag im Elektrometer entsteht, während derselbe in einen positiven übergeht, wenn die untere Platte durch eine Zinkplatte ersetzt wird.

Wählt man nun als Unterlage eine Zinnplatte, so bleibt das Goldblättchen ruhig. Hängt man ein Gewicht an den Hebel, so entsteht ein negativer Ausschlag, der aber sofort in Folge der Leitungsfähigkeit wieder verschwindet. Wendet man den Krystall um, so dass die Fläche $\infty \text{P}\!\!\!- \infty$ an der oberen Zinnplatte liegt und dass ihre Polarität zum Goldblättchen geht, so erhält man beim Druck einen positiven Ausschlag, der aber ebenfalls sofort verschwindet. Erwärmt man den Krystall und die ihn berührende Metallplatte, so isolirt derselbe sofort und es erscheinen sehr starke Ausschläge, die jetzt bestehen bleiben.

Inhaltsverzeichniss.

Fig. 3.

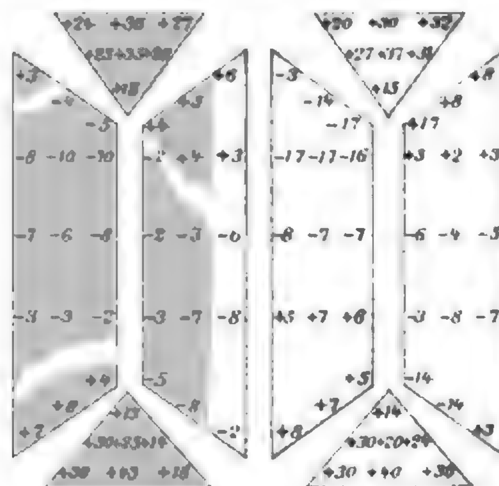
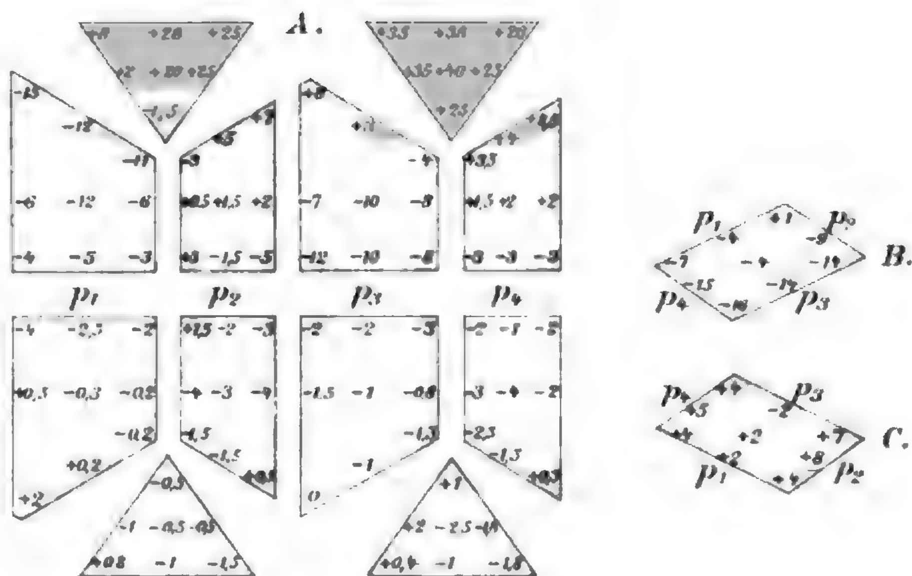
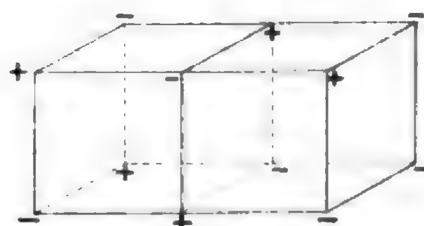


Fig. 5.



Salpetersaurer Baryt.

Fig. 8.



Glycocol

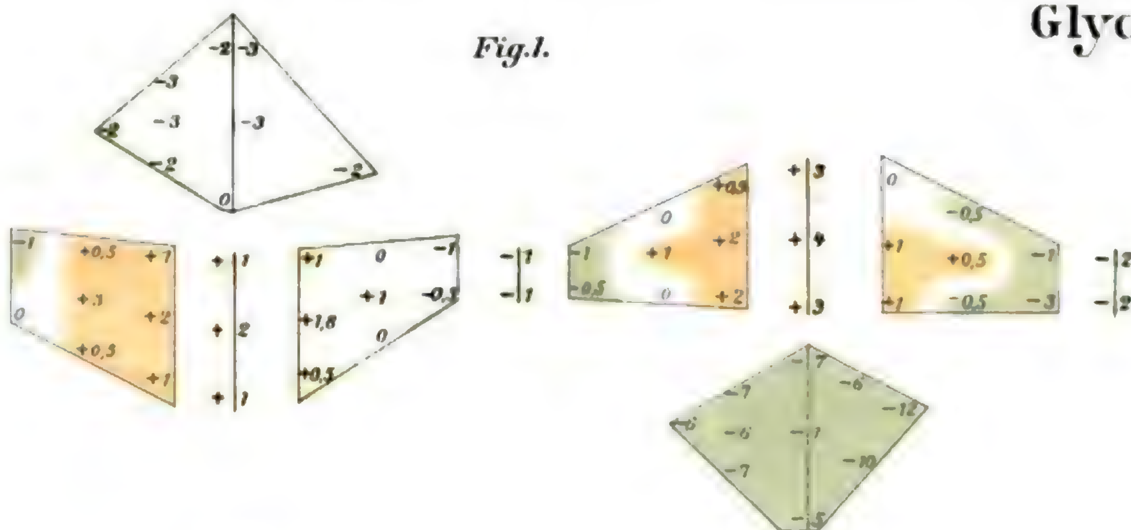


Fig. 3.

A.

B

C.

Fig. 2.

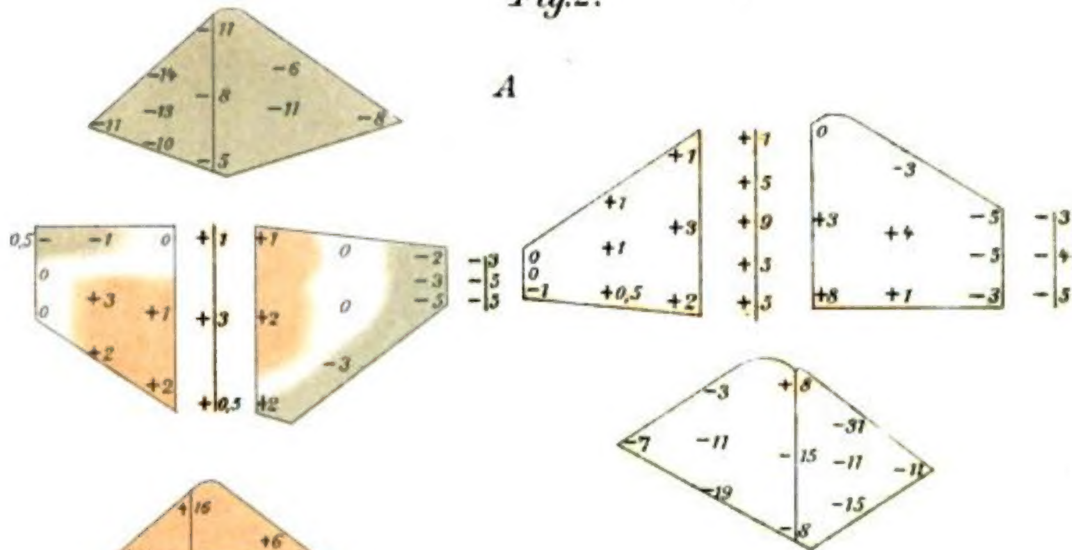
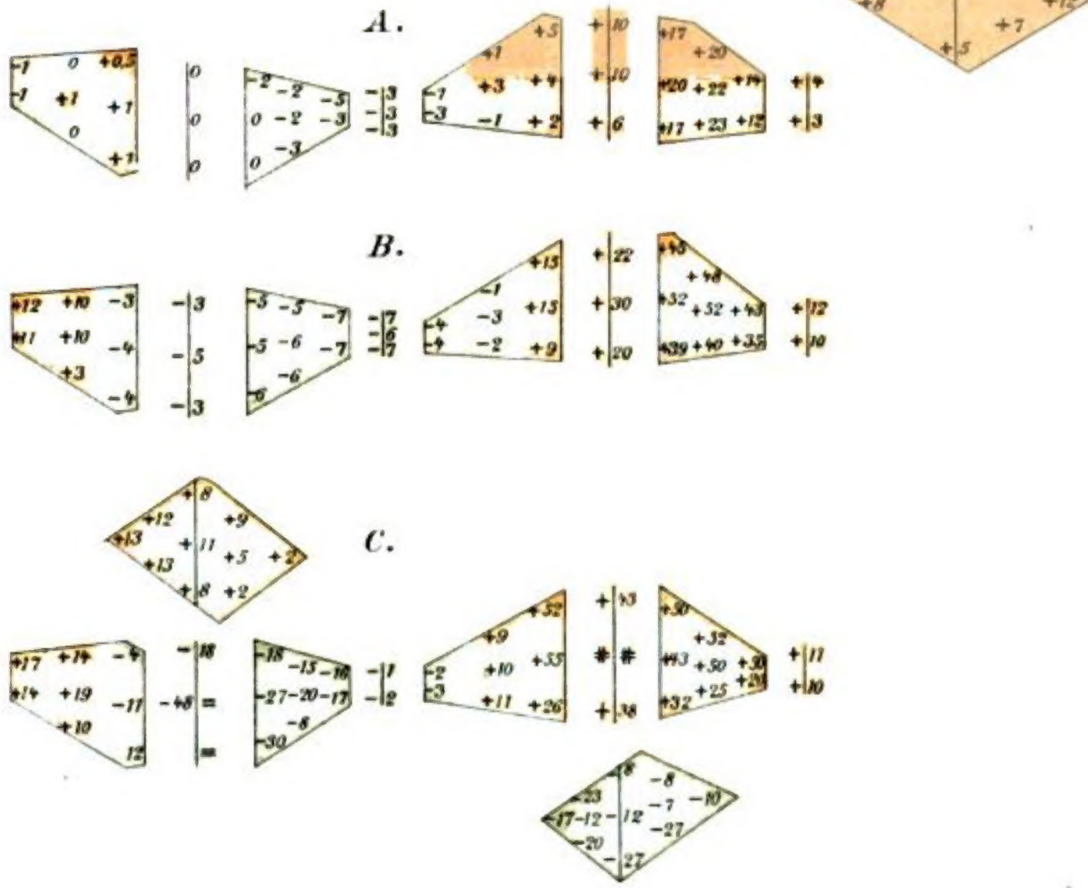
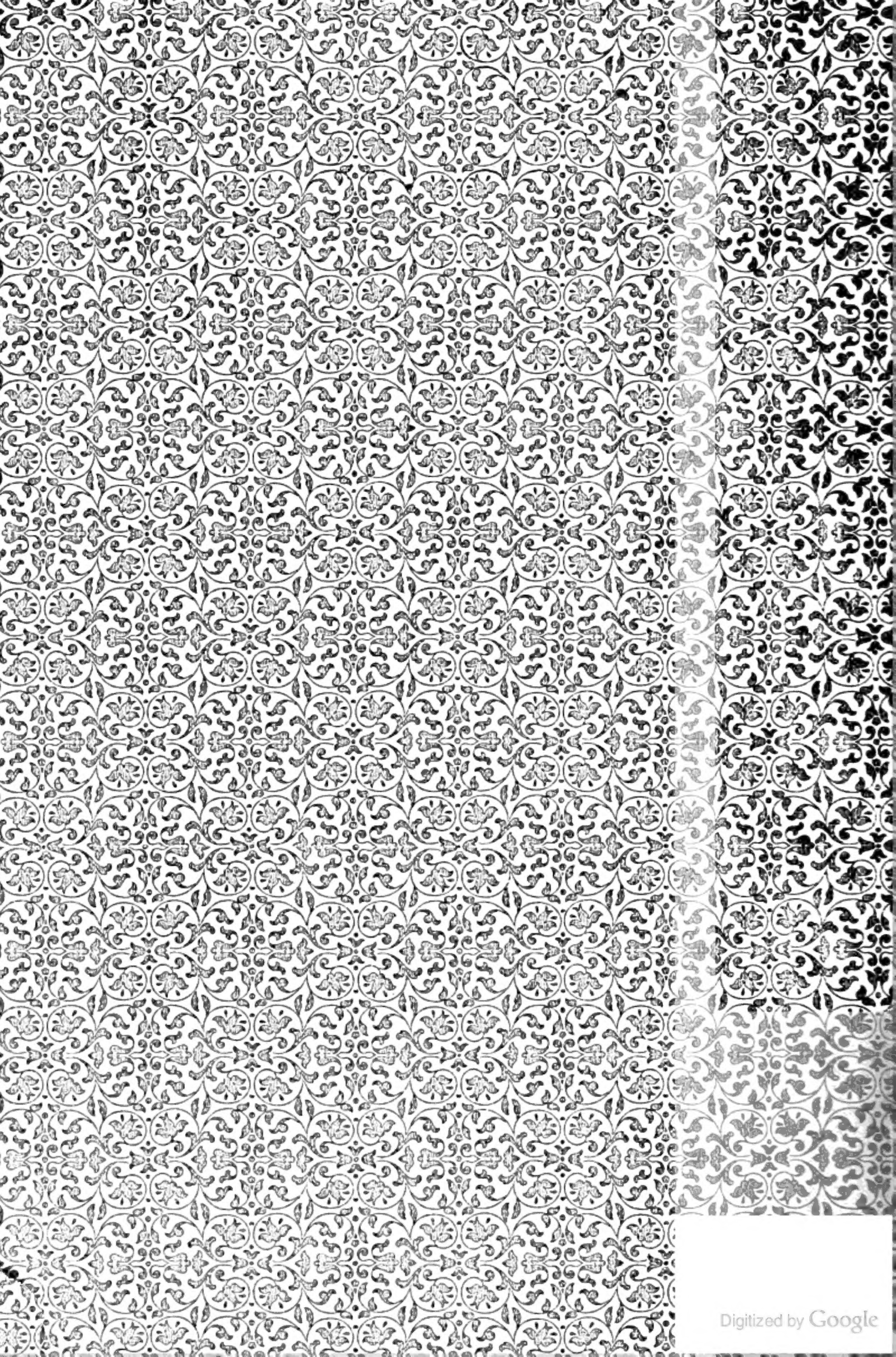


Fig. 4.



Lith. Anst. v. F. A. Funke, Leipzig.




UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07369 7818

